

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO**

**FELIPE GUERRA DE FIGUEIREDO**

**INVESTIMENTOS PÚBLICOS EM PESQUISA E  
DESENVOLVIMENTO (P&D) DE ETANOL NO BRASIL E  
NOS ESTADOS UNIDOS DE 2001 ATÉ 2008**

**RIO DE JANEIRO**

**2010**

FELIPE GUERRA DE FIGUEIREDO

INVESTIMENTOS PÚBLICOS EM PESQUISA E  
DESENVOLVIMENTO (P&D) DE ETANOL NO BRASIL E NOS  
ESTADOS UNIDOS DE 2001 ATÉ 2008

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Economia do Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas da Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Economia.

Orientadora: Prof. Maria da Graça Derengowski Fonseca

RIO DE JANEIRO

2010

FELIPE GUERRA DE FIGUEIREDO

INVESTIMENTOS PÚBLICOS EM PESQUISA E  
DESENVOLVIMENTO (P&D) DE ETANOL NO BRASIL E NOS  
ESTADOS UNIDOS DE 2001 ATÉ 2008

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Instituto de Economia do Centro de Ciências  
Jurídicas e Econômicas da Universidade Federal do  
Rio de Janeiro como requisito parcial à obtenção do  
grau de Bacharel em Economia.

Aprovado em: \_\_ / \_\_ / \_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Profa. Maria da Graça Derengowski Fonseca – Orientadora  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

---

Prof. João Felipe Cury Marinho Mathias  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

---

Prof. Eduardo Martins Moraes  
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

*À meus pais, Liana e Fernando, por seu apoio incondicional e por proporcionarem um ambiente saudável no qual pude desenvolver-me como pessoa e profissional.*

## AGRADECIMENTOS

Essa monografia representa mais um obstáculo vencido, de tantos que passaram e muitos outros que ainda virão. Sozinho, porém, eu não conseguiria.

Agradeço a tudo aquilo que tenha contribuído para a elaboração deste trabalho e também para a minha jornada nos anos de faculdade, de forma direta ou indireta. Amigos, parentes, idéias, casos fortuitos ou forças maiores. Material ou metafísico. Para vocês que me ajudaram nesta empreitada, ofereço um sincero “muito obrigado”!

Agradeço a professora Maria da Graça pelos seus ensinamentos durante a graduação, além da sua orientação durante a iniciação científica, que hoje rende essa monografia. Foi um longo período de convivência, no qual com certeza aprendi mais do que nunca.

Guardo, porém, um agradecimento especial a Paula, pelo apoio e ajuda em todos os momentos em que precisei, e nos momentos em que não precisei, mas nos quais estava presente apenas para torná-los mais agradáveis ao seu lado. Espero poder contar com você por muito tempo ainda.

“Para obter algo que você nunca teve, precisa fazer algo que nunca fez.”

Chico Xavier

## RESUMO

FIGUEIREDO, Felipe Guerra de. **Investimentos públicos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de etanol no Brasil e nos Estados Unidos de 2001 até 2008**. Rio de Janeiro, 2010. Monografia (Graduação em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

A presente monografia tem como meta principal identificar os projetos de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) voltados para a produção de bioetanol realizados no Brasil e nos Estados Unidos, a partir de 2001, até o ano de 2008. Para a análise, serão levadas em conta as peculiaridades e características dos países citados.

O Brasil, para a produção de etanol, tem como principal insumo a cana-de-açúcar, e esta por enquanto tem se mostrado a alternativa mais eficiente em termos de geração de energia e custos. Já os Estados Unidos produzem a maior parte do seu bioetanol a partir do milho, porém, recentemente, um grande volume dos projetos de P&D está relacionado à geração de álcool a partir da celulose.

Adicionalmente, pretende-se investigar os montantes investidos em P&D em bioetanol em ambos os países com o propósito de estabelecer uma comparação não só entre as trajetórias da pesquisa como também nos valores aplicados.

### *PALAVRAS-CHAVE:*

Pesquisa; Desenvolvimento; Etanol; Álcool; Etanol de segunda geração; Investimento público; Inovação; Etanol celulósico.

## ABSTRACT

FIGUEIREDO, Felipe Guerra de. **Investimentos públicos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) de etanol no Brasil e nos Estados Unidos de 2001 até 2008**. Rio de Janeiro, 2010. Monografia (Graduação em Economia) – Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

This thesis's main goal is to identify the Research & Development (R&D) projects oriented to bioethanol production in Brazil and in the United States, from 2001 to 2008. For the analysis, are taken into account the peculiarities and characteristics of the countries mentioned.

Brazil, for ethanol production, has as main input the cane sugar, and this has so far proved the most efficient in terms of energy generation and costs. The United States produces most of its bioethanol from corn, but recently, a large volume of R&D projects is related to the generation of ethanol from cellulose.

It is also intended to investigate the amount invested in R&D in bioethanol by both countries, with the purpose to compare not only the research lines, but also the values applied.

### *KEYWORDS:*

Research; Development; Ethanol; Alcohol; Second generation ethanol; Public investment; Innovation; Cellulosic ethanol.



# Sumário

<b>Introdução .....</b>	<b>11</b>
<b>Capítulo 1 – Inovação e Pesquisa e Desenvolvimento .....</b>	<b>15</b>
1.1 – A inovação e seu papel na economia.....	15
1.2 – Pesquisa e Desenvolvimento .....	17
1.3 – Inovações e patentes .....	19
1.4 – O papel do Estado no estímulo à inovação.....	21
1.4.1 – Ações indiretas .....	21
1.4.2 - Ações diretas .....	23
1.5 – Conclusão .....	25
<b>Capítulo 2 – A indústria de etanol nos EUA e no Brasil e suas perspectivas.....</b>	<b>26</b>
2.1 - A indústria do etanol nos Estados Unidos.....	26
2.2 - Os processos produtivos do etanol do milho e celulósico.....	31
2.3 - A indústria do etanol no Brasil.....	34
2.4 - O processo produtivo do etanol de cana-de-açúcar.....	39
2.5 - Conclusão .....	41
<b>Capítulo 3 - Pesquisa &amp; Desenvolvimento nos EUA e no Brasil .....</b>	<b>43</b>
3.1 - A Pesquisa & Desenvolvimento nos EUA.....	43
3.2 - Gastos norte-americanos em P&D .....	47
3.2.1 - Projetos do EERE.....	48
3.2.2 - Projetos do DOE .....	49
3.2.3 - Biomass Research and Development Initiative (BRDI) .....	51
3.2.4 - A soma dos valores .....	52
3.2.5 - Políticas recentes de estímulo aos combustíveis renováveis.....	53
3.3 - A Pesquisa & Desenvolvimento no Brasil .....	55
3.3.1 - Fundos Setoriais .....	55
3.3.2 - Subvenção Econômica (FINEP) .....	58
3.3.3 - BIOEN/FAPESP .....	59
3.3.4 - A soma dos valores .....	61
3.4 - Conclusão .....	62
<b>Conclusão final.....</b>	<b>63</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>66</b>

## Índice de Ilustrações

Tabela 1.1 – Gasto em P&D por tamanho da firma nos EUA (em valores correntes).....	18
Gráfico 2.1 – Histórico de produção de etanol dos EUA (1980 – 2008) .....	27
Tabela 2.1 – A indústria do etanol nos EUA em números .....	28
Figura 2.1 – Localização geográfica das usinas norte-americanas (2010) .....	29
Tabela 2.2 – Análise comparativa entre os diversos tipos de etanol .....	30
Figura 2.2 – Usinas de etanol celulósico em desenvolvimento (2010) .....	33
Gráfico 2.2 – Produção de etanol no Brasil (Safras 1990/1991 – 2007/2008).....	34
Gráfico 2.3 – Produção de cana-de-açúcar no Brasil (1961 – 2008).....	37
Gráfico 2.4 – Vendas anuais de automóveis e comerciais leves (1979 – 2009).....	38
Gráfico 2.5 – Produção de etanol no Brasil por região (Safr 1990/91 até 2007/08) .....	39
Gráfico 2.6 – Safra da cana-de-açúcar e energia armazenada (2007) .....	41
Tabela 3.1 – Número de projetos e quantia liberada - EERE (em milhões de dólares) .....	49
Tabela 3.2 – Projetos e quantia anual liberada – DOE (em milhões de dólares) .....	50
Tabela 3.3 – Número de projetos e quantia liberada – BRDI (em milhões de dólares).....	52
Tabela 3.4 – Número de projetos e quantia total gasta em P&D pelos Fundos Setoriais (valor total em milhões de reais).....	57
Tabela 3.5 – Número de projetos e quantia total gasta em P&D na modalidade Subvenção Econômica (em milhões de reais).....	59
Tabela 3.6 - Quantia total gasta em P&D pelo BIOEN (em milhões de reais) .....	61

## **Introdução**

O sistema de produção canavieira tem grande importância para o Brasil desde a economia colonial, quando o açúcar era o único produto brasileiro amplamente comercializado no mercado externo.

A partir de meados do século passado, o desempenho econômico do setor açucareiro vem sendo coordenado por governos estaduais e federais. Esta coordenação inicia-se, em 1931, com a Comissão de Defesa da Produção Açucareira que, em 1933, transforma-se no Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), que durante cerca de 50 anos interviu diretamente sobre a produção e a comercialização de cana e de açúcar, estabelecendo quotas de produção por estado, usina e fornecedor de cana-de-açúcar. Além disso, definiu também regras para exportação e administração dos preços do açúcar, uma vez que já existia controle e regulamentação sobre transporte, manuseio e armazenagem de açúcar. Da criação do IAA até a década de 70 do século passado, a intervenção estatal assume praticamente todos os riscos e deficiências do setor privado, disfarçando-os sob a forma de incentivos e subsídios, inclusive os subsídios regionais, impedindo desta forma o desenvolvimento da competição entre os agentes privados localizados no Nordeste e no Centro-Sul do país.

A partir da 1ª crise do petróleo, ainda na década de 70, a coordenação das decisões de produção e de comercialização estende-se também para a produção de álcool, até então um subproduto menos importante do sistema agroindustrial canavieiro. Em 1975 é criado o Programa Nacional do Alcool, Proálcool (decreto 76.593/75), um projeto vinculado aos governos militares do Brasil, que pretendiam incluir o álcool combustível na matriz energética do país.

O Proálcool desdobrava-se em vários tipos de incentivos governamentais especiais para a produção de álcool, desde estímulos creditícios até subsídios e incentivos fiscais. Além disso, o Programa assegurou a garantia de compra do álcool pela Petrobrás e a criação de

linhas de crédito para financiamento das fases agrícola e industrial, especialmente a compra de máquinas e equipamentos.

Entre 1986 a 1995, os preços do açúcar no mercado internacional aumentam, fazendo com que muitos usineiros diminuam a produção de álcool e aumentem a de açúcar. Apesar disso, a demanda por álcool continua a aumentar de forma sustentada em função dos elevados incentivos ao consumo de carros a álcool, gerando um descompasso com a oferta. Este desequilíbrio entre oferta e demanda leva o governo a importar metanol para adição à gasolina ou ao álcool hidratado. Acompanhando a crise do abastecimento de álcool, o contrachoque do petróleo e a diminuição dos gastos governamentais, observa-se que a produção interna de petróleo volta a elevar-se inviabilizando a manutenção do Proálcool, não sendo mais interessante ao governo brasileiro continuar a importar álcool carburante (FONSECA, et.al 2007).

Além de viabilizar a produção de etanol no Brasil, um dos resultados positivos da implantação do Proálcool no Brasil consistiu no aumento dos investimentos em P&D. Este tipo de investimento vem permitindo não só a ampliação da base produtiva diversificada da indústria, como o desenvolvimento de novas variedades de cana-de-açúcar, mais produtivas e com maior capacidade de transformação energética. Os investimentos em novas variedades de cana já eram desenvolvidos desde o início do Planalsucar, a agência criada para atuar como área de pesquisa do antigo IAA.

Os esforços produtivos e os ganhos de rentabilidade obtidos à época do Proálcool asseguraram uma confortável base competitiva para o setor do açúcar e álcool mesmo após fatos como o fim deste programa, a queda da demanda de álcool e o mercado da commodity açúcar voltar a ser a principal referência para os produtores brasileiros. Mais importante, ao final do período de intervenção estatal, a agroindústria sucroalcooleira brasileira passou a contar com um importante sistema de pesquisa e desenvolvimento, um sistema que articula

instituições privadas e públicas de forma inédita no Brasil, dado o pequeno interesse do setor privado em pesquisas no país.

Hoje, mais de 30 anos após a criação e a experiência do Proálcool, a indústria sucroalcooleira passa por um novo momento. A crescente preocupação com a preservação do meio-ambiente através do controle de emissão dos gases que intensificam o efeito estufa, a procura por fontes renováveis de energia em detrimento aos combustíveis fósseis que estão se esgotando e as diversas inovações tecnológicas que possibilitam, por exemplo, motores movidos tanto à gasolina como também a etanol fazem com que este último ganhe posição de destaque no cenário mundial (CARVALHO, 2002).

Diante deste ambiente atual, diversos países estão se empenhando para diversificar a rede energética, e muitos já enxergam o etanol como uma alternativa economicamente viável aos combustíveis fósseis. É cada vez maior o investimento em P&D realizado na produção do etanol, e o Brasil, que já foi líder absoluto no setor por herança do Proálcool, hoje possui a sua hegemonia ameaçada por países que investem cada vez mais no setor.

O primeiro capítulo expõe a base teórica da pesquisa, apresentando a definição de inovação na visão de diversos autores, bem como o seu papel na economia capitalista moderna. Trata-se também do conceito de pesquisa e desenvolvimento (P&D) para que, na seção seguinte, se analise o conceito de patentes e seus principais aspectos. A última seção desse capítulo aborda os diferentes papéis do Estado para o desenvolvimento do sistema de inovações, discorrendo sobre suas atribuições indiretas e diretas.

O segundo capítulo discorre acerca das indústrias brasileira e norte-americana do etanol. A primeira seção faz uma análise da indústria estadunidense, apresentando suas principais características e alguns dados relevantes do setor. Na seção seguinte, apresenta-se brevemente o processo produtivo utilizado mais comumente nessa indústria para a obtenção de etanol, descrevendo também o processo de fabricação do etanol de segunda geração. Uma

terceira seção dá início à análise da indústria do etanol no Brasil, para que posteriormente seja descrito o processo produtivo do etanol a partir da cana-de-açúcar.

O terceiro capítulo, por sua vez, identifica os projetos públicos de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) voltados para a produção de bioetanol realizados no Brasil e nos Estados Unidos, a partir de 2001 até o ano de 2008, bem como os montantes investidos por ambos os países. Assim, a primeira seção apresenta a estrutura de pesquisa existente nos EUA, seguida de uma segunda que apresenta os gastos realizados por diferentes instituições. A terceira seção, por sua vez, pesquisa os gastos realizados pelas instituições brasileiras.

Além das conclusões preliminares ao fim de cada capítulo, uma conclusão final é apresentada ao término da pesquisa, reconhecendo as principais conclusões que podem ser tiradas diante do trabalho exposto.

A presente monografia é um desdobramento do grupo Sistemas Setoriais de Inovações (antigo Sistemas Agroindustriais, Inovação e Competitividade) e do sistema INFOSUCRO, ambos do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro e coordenados pela professora Maria da Graça Derengowski Fonseca.

## Capítulo 1 – Inovação e Pesquisa e Desenvolvimento

Primeiramente, deve-se expor alguns conceitos teóricos para a compreensão do tema, cabendo a este capítulo a função de esclarecer os conceitos fundamentais. Assim, a primeira seção do presente capítulo apresentará a ampla definição de inovação na visão de diversos autores, bem como o seu papel na economia capitalista moderna. Em seguida, se discorrerá sobre o conceito de pesquisa e desenvolvimento (P&D) para que, na seção seguinte, se analise o conceito de patentes e seus principais aspectos. Por fim, a última seção trata dos papéis do Estado para o desenvolvimento do sistema de inovações, discorrendo sobre suas atribuições indiretas e diretas, seguida de uma conclusão preliminar do capítulo.

### 1.1 – A inovação e seu papel na economia

Joseph Schumpeter apresenta o seu conceito de inovação quando expõe a sua teoria da concorrência, que se contrapõe às teorias clássica, marxista e neoclássica. Trata-se de uma teoria heterodoxa, com ênfase nos aspectos dinâmicos e evolucionários do funcionamento da economia capitalista. Assim, a evolução dessa economia deve ser observada ao longo do tempo, ligada a um incessante processo de introdução e difusão de inovações. Essas inovações, por sua vez, possuem um sentido amplo, devendo ser compreendidas como mudanças no *locus* econômico onde operam as firmas, podendo se tratar de mudanças nos produtos, nos processos produtivos, nas fontes de matérias-primas, nas formas de organização produtiva ou nos próprios mercados. Sobre esse caráter evolucionista, o autor ensina:

*O capitalismo é, por natureza, uma forma ou método de transformação econômica e não, apenas, reveste caráter estacionário, pois*

*jamais poderia tê-lo. Não se deve esse caráter evolutivo do processo capitalista apenas ao fato de que a vida econômica transcorre em um meio natural e social que se modifica e que, em virtude dessa mesma transformação, altera a situação econômica. Esse fato é importante e essas transformações (guerras, revoluções e assim por diante) produzem freqüentemente transformações industriais, embora não constituam seu móvel principal. Tampouco esse caráter evolutivo se deve a um aumento quase automático da população e do capital, nem às variações do sistema monetário, do qual se pode dizer exatamente o mesmo que se aplica ao processo capitalista. O impulso fundamental que põe e mantém em funcionamento a máquina capitalista procede dos novos bens de consumo, dos novos métodos de produção ou transporte, dos novos mercados e das novas formas de organização industrial criadas pela empresa capitalista. (SCHUMPETER, 1961, p. 110)*

A inovação, pois, deve ser entendida como o resultado de uma busca infindável por lucros extraordinários, através da obtenção de vantagens competitivas entre os agentes econômicos, que procuram diferenciar-se uns dos outros nas mais variadas dimensões. Além disso, o austríaco combate a idéia neoclássica de que a organização ideal de mercado seria a competição perfeita. Para o autor, em mercados competitivos e atomizados, com muitas firmas obtendo nenhum lucro, as empresas normalmente não se arriscam em busca de inovações. Assim, para que se tenha um ambiente fértil às inovações, é preciso que as firmas possuam algum poder de mercado, pois são essas que em geral possuem estratégias mais ousadas.

Schumpeter (1961) se refere ao processo como uma “destruição criativa”, que sobrepõe os antigos meios de organização por outros, mais eficientes à firma que os introduz, criando a possibilidade de obtenção de lucros acima do normal. Trata-se de conceito bastante amplo, mas de fundamental importância para que se entenda o papel de novas tecnologias em uma economia capitalista moderna.

Giovanni Dosi (1988) refere-se às inovações como “soluções de problemas” sob restrições de custos e de mercado, ou seja, essas soluções devem ser viáveis do ponto de vista econômico. Para o autor, a inovação precisa tanto de informação de experiências passadas e



de conhecimento formal (as ciências naturais, por exemplo), como também envolve capacidades específicas dos próprios inventores.

Já Oz Shy (1996), de forma sintética, define a inovação como busca, descoberta, desenvolvimento, melhoria, adoção e comercialização de novos processos, novos produtos e novas estruturas organizacionais e procedimentos.

Constata-se, pois, que não há divergência dos autores quanto à definição de inovação, havendo inclusive grande similaridade entre os conceitos apresentados. As inovações são, em suma, novidades tecnológicas introduzidas pelos inventores, motivados em linhas gerais pela possibilidade de auferir lucros extraordinários.

## 1.2 – Pesquisa e Desenvolvimento

A pesquisa e desenvolvimento (P&D), por sua vez, é o mecanismo pelo qual os agentes buscam as inovações, pois à medida que gasta-se em P&D, aumentam as chances de se obter sucesso na pesquisa.

A origem do fenômeno, no entanto, não é tão clara quanto sua definição. Nas décadas de 1770 e 1780, a firma *Boulton & Watt* possuía um estabelecimento equivalente a um laboratório de P&D para pesquisas em motores a vapor. Nos EUA, a gênese de um moderno laboratório de P&D se encontra no ano de 1876, quando Thomas Edison inaugurou seu famoso laboratório em *Menlo Park* e Alexander Graham Bell deu início a outro bastante similar em Boston. (SCHERER; ROSS, 1990)

Os gastos em P&D variam bastante conforme o tamanho da firma, como pode-se observar na tabela seguinte:

**Tabela 1.1 – Gasto em P&D por tamanho da firma nos EUA (em valores correntes)**

	2006	2007
	Em milhões de dólares	
Total gasto em P&D pela indústria	247.669	269.267
Tamanho da empresa (número de empregados)		
5–24	7.207	10.854
25–49	D	7.884
50–99	9.064	10.068
100–249	13.306	13.354
250–499	D	8.258
500–999	13.360	14.279
1.000–4.999	37.866	41.103
5.000–9.999	20.434	22.673
10.000–24.999	37.865	45.946
25.000 ou mais	92.925	94.848

D = oculto para evitar a divulgação de informação confidencial

Fonte: National Science Foundation (2009)

Nos anos de 2006 e 2007, nos EUA, aproximadamente 50% dos gastos foram realizados por grandes firmas, de 10.000 ou mais empregados, confirmando a hipótese de Schumpeter sobre a relação entre propensão a inovar e poder de mercado das firmas. Além disso, dados da mesma instituição apontam que os gastos concentram-se no setor manufatureiro, correspondendo a aproximadamente 70% do total do mesmo ano. (NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, 2009)

Oz Shy (1996) divide a P&D em dois tipos: o primeiro, denominado inovação na produção, caracteriza-se pela busca de tecnologias minimizadoras de custo para a produção de certo produto; o segundo, chamado de inovação no produto, possui como característica principal a busca de novas tecnologias capazes de produzir novos produtos.

O segundo tipo também pode ser entendido como uma inovação na produção. Nesse caso, no entanto, passa-se de um custo infinito (quando ainda não se podia produzir o produto) para um custo finito e viável. O autor, portanto, trata a P&D como um processo pelo

qual se busca alterar a função de produção de determinado produto, diminuindo os custos de produção.

### 1.3 – Inovações e patentes

Como já se afirmou, a diminuição dos custos é uma importante motivação para a busca de novidades tecnológicas, possibilitando ao empreendedor auferir lucros extraordinários no caso de uma inovação bem sucedida. É preciso, porém, que haja uma garantia de que a inovação será de exclusividade do seu inventor, garantindo somente a ele a possibilidade de tirar proveito de seu invento. Schumpeter (1961) já havia apontado para essa necessidade, indicando ser necessário artifícios protetores, como patentes ou segredos temporários de processos. Neste contexto, é de suma importância a existência do instituto das patentes, e sobre ele Scherer e Ross (1990) afirmam:

*Recompensar aqueles que investem seu tempo e dinheiro em invenções tecnológicas e inovação e, portanto, encorajar tais investimentos, tem sido a função clássica das patentes desde que as primeiras foram concedidas na Itália do século XV. As patentes modernas, conferidas ao primeiro inventor de algum novo e útil produto ou processo, dá a seu detentor o direito de utilização da invenção com exclusividade por um período específico de tempo. Esse direito inclui a propriedade de proibir que terceiros utilizem a invenção, ou permitir que poucos ou muitos possam utilizá-la. (p. 621, tradução nossa)*

As patentes conferem ao inventor um direito exclusivo de comercializar a sua inovação, sendo responsável por efeitos positivos e negativos na dinâmica da inovação. Sobre tais efeitos, Carlton e Perloff (1999) afirmam:

*O maior benefício é que a possibilidade de obter lucros monopolísticos estimula a atividade inventiva. Sem as patentes ou outro incentivo similar, não haveria tanta atividade inventiva. A maior*

*desvantagem é que os novos produtos poderão ser vendidos a preços excessivamente altos (de monopólio) se não houver substitutos próximos. (p. 501, tradução nossa)*

As inovações tecnológicas, comprovadamente, são benéficas a sociedade. Através delas, diminui-se os custos de produção por meio da descoberta de novos processos de produção, melhora-se a produtividade com a criação de novos insumos ou simplesmente melhora-se a qualidade de produtos já existentes. Assim, através da regulamentação de um sistema de patentes, o governo consegue estimular novas descobertas, criando um ambiente fértil para a inovação.

Sem a existência de patentes nenhuma firma gastaria recursos em P&D, já que, uma vez feita a descoberta, outras firmas poderiam copiá-la e tirar proveito de suas vantagens, sem incorrer nos custos de desenvolvimento da inovação. Todas as firmas querem copiar invenções, e nenhuma firma quer gastar recursos inventando por conta própria. Assim, em um mundo sem a proteção patentária, os consumidores poderiam comprar novas invenções a preços competitivos, mas poucas invenções existiriam.

A patente, no entanto, não é uma proteção tão forte quanto aparenta. Ela proíbe que terceiros copiem as invenções lançadas, mas nada impede que criem invenções similares, com pequenas variações do projeto original, através de engenharia reversa. Para evitar essa ocorrência, em geral patenteia-se o novo processo e diversas outras variantes da inovação, mas mesmo assim é bastante difícil prever todas as possibilidades que possam surgir derivadas de um determinado invento, deixando uma brecha para projetos “inspirados” na invenção original.

No Brasil, as patentes são reguladas pela Lei 9.279 de 1996. Segundo a norma, a proteção dos direitos relativos à propriedade industrial, considerado o seu interesse social e o desenvolvimento tecnológico e econômico do País, efetua-se mediante: concessão de patentes de invenção e de modelo de utilidade; concessão de registro de desenho industrial; concessão

de registro de marca; repressão às falsas indicações geográficas; e repressão à concorrência desleal.

#### 1.4 – O papel do Estado no estímulo à inovação

Além de fornecer a base institucional para o desenvolvimento de inovações, como a aprovação de uma lei de patentes eficaz, a função do Estado pode ir muito além, incluindo ações indiretas e diretas. No primeiro grupo inclui-se, além da já mencionada proteção patentária, a criação de um ambiente econômico e político favorável, com incentivos à competição; uma política comercial estratégica; e investimentos em capacitação através de educação e infra-estrutura. No segundo grupo pode-se citar as ações de demandar idéias do mercado, subsidiar projetos ou produzir por conta própria as tecnologias.

##### 1.4.1 – Ações indiretas

A criação de um ambiente econômico e político favorável é imprescindível para que os agentes econômicos internos e externos invistam no país. As instituições, além de estáveis, precisam evitar o desvio de recursos do setor produtivo para atividades não-produtivas. Instituições instáveis aumentam a incerteza quanto ao retorno esperado, reduzindo o valor presente do fluxo de benefícios relativo ao investimento tanto para investimento em capital fixo quanto em investimento em capital humano e em P&D. Quanto maior a estabilidade legal e política de um país, menor será o risco em investir no país e maior será o incentivo ao investimento. (FONSECA, 2001)

Ainda que a inovação demande poder de monopólio por parte dos inventores e inovadores, a falta de competição reduz a velocidade do processo de inovação. O governo deve promover um ambiente econômico competitivo, coibindo a formação de cartéis, monopólio e a forte concentração do mercado. Para que haja a otimização do benefício social com a P&D o mercado não deve ser tão atomizado como na competição perfeita, nem tão monopolizado como no caso de existência de apenas uma ou duas empresas. (CARLTON, PERLOFF, 1999)

No que diz respeito à política comercial estratégica, Krugman (1986) demonstra com Teoria dos Jogos os ganhos que podem ser obtidos ao se adotar tal medida. O autor propõe a existência de duas firmas concorrentes, Boeing e Airbus, residentes respectivamente nos países EUA e Europa. Cada firma está considerando desenvolver um novo modelo de avião de passageiros, mais eficiente, e cada uma possui apenas duas opções: desenvolver (e, conseqüentemente, produzir) e não desenvolver (logo, não produzir) essa nova aeronave.

Quando as duas empresas desenvolvem e produzem o avião, dado o alto custo de se realizar a P&D, e dado que nenhuma das firmas conseguirá ser a única produtora, tem-se prejuízo para ambas. Caso apenas uma produza, ela conseguirá compensar os gastos com a pesquisa através do lucro monopolista, enquanto a firma que opta por não produzir não incorre em custo algum. No jogo em questão, existem dois Equilíbrios de Nash: (Produz, Não produz) e (Não produz, Produz).

Agora supõe-se que o país Europa subsidie a empresa Airbus. Recebendo subsídio, o jogo possui agora apenas um Equilíbrio de Nash: (Não produz, Produz). Ambas as empresas possuem agora uma estratégia dominante, resultando em lucro apenas para a empresa subsidiada pelo governo, confirmando a importância da medida adotada.

A última das ações indiretas de incentivo à inovação se trata dos investimentos realizados pelo governo para capacitação de mão-de-obra, principalmente através de despesas

em educação e infra-estrutura. De acordo com Fonseca (2001, p.73), “a ação do governo nessa área deve atingir todos os níveis de educação: básica, técnica e universitária. A ênfase dependerá do nível de industrialização e de utilização/produção de idéias do país.” Cruz (1999) aponta para a importância do conhecimento, e afirma:

*O conhecimento, que sempre foi um dos principais insumos para a geração de riqueza e bem estar social, passou a ser reconhecido como tal a partir da revolução da informação trazida pela Internet. Alan Greenspan, presidente do Federal Reserve dos Estados Unidos, tem destacado que “os avanços tecnológicos dos últimos anos, que permitiram às indústrias norte-americanas operar com maior produtividade, contribuindo para a maior prosperidade já experimentada pelo mundo”. David Landes, o autor de “A Riqueza e a Pobreza das Nações”, destaca o valor do conhecimento mais contundentemente em entrevista à Veja, referindo-se à necessidade de um país ter criadores de conhecimento para se desenvolver: “Se você não tiver cérebros, está acabado”. (p. 1)*

No que diz respeito à infra-estrutura, deve-se mitigar os obstáculos à formação de redes de centros de pesquisa e universidades e promover a parceria entre as instituições públicas e privadas, removendo os impedimentos legais de intercâmbio de pessoal, de uso de equipamentos e de conhecimento. (FONSECA, 2001)

#### **1.4.2 - Ações diretas**

Como já se afirmou, governo pode intervir diretamente na produção de idéias como produtor propriamente dito; através de subsídios a um projeto privado (incentivos fiscal, financeiro ou creditício); e como demandante de idéias (comprador). A maior parte dos investimentos diretos estatais são na área de pesquisa básica, que trata-se do estágio inicial da pesquisa, quando ainda existem poucas certezas em relação ao êxito do trabalho. Além disso, projetos de pesquisa muito custosos em geral são fomentados pelo governo, como muitos na área de Defesa. Para ilustrar a situação, dados da *National Science Foundation* (2009)

indicam que, nos EUA, no ano de 2006, aproximadamente 52% do total gasto em pesquisa básica foi financiado pelo governo daquele país. Por outro lado, se for considerado o gasto total em P&D, e não apenas em pesquisa básica, o percentual de financiamento estatal cai para 24% de toda a pesquisa.

As parcerias entre entes públicos e privados, por sua vez, apesar de importantes, devem ser realizadas com ressalvas, como apontam Carlton e Perloff (1999). O maior medo desse tipo de parceria é que a presença do investimento privado distorça a pesquisa e, ao invés de maximizar o bem estar social, maximize os retornos privados.

Outro problema frequente desse tipo de interação, segundo os mesmos autores, é a possível tendência de expulsão do investimento privado em decorrência do aumento do investimento público. Essa é uma tendência verificada especialmente no Brasil, como se constata na afirmação de Cruz (1999):

*O entendimento de que a pesquisa aplicada e o desenvolvimento necessários à criação de inovação tecnológica e competitividade deve ocorrer na empresa é um conceito ainda incipiente no Brasil. Acontece que, como a quase totalidade da atividade de pesquisa que ocorre no Brasil se dá em ambiente acadêmico, o senso comum tende à conclusão de que seria normal apenas universidades fazerem Pesquisa e Desenvolvimento. Ao mesmo tempo este equívoco tende a desviar as universidades da tarefa que só elas podem fazer, que é educar os profissionais que farão tecnologia na empresa, se esta lhes der uma chance para isto. (p.8)*

Como a maior parte da P&D brasileira é realizada pelas Universidades, a indústria brasileira investe no setor uma quantia abaixo da média verificada em outros países (mesmo aqueles em desenvolvimento, como no caso da Coréia do Sul), resultando em gargalos na dinâmica de inovação do país.



## 1.5 – Conclusão

As inovações são, em linhas gerais, novidades tecnológicas introduzidas pelos inventores, motivados em linhas gerais pela possibilidade de auferir lucros extraordinários. A pesquisa e desenvolvimento (P&D), por sua vez, é o mecanismo pelo qual os agentes buscam as inovações, pois à medida que gasta-se em P&D, aumentam as chances de se obter sucesso na pesquisa.

Além de fornecer a base institucional para o desenvolvimento de inovações, como a aprovação de uma lei de patentes eficaz, a função do Estado pode ir muito além, incluindo ações indiretas e diretas, que são fundamentais para a criação de um ambiente fértil para a implementação de novas idéias.

## **Capítulo 2 – A indústria de etanol nos EUA e no Brasil e suas perspectivas**

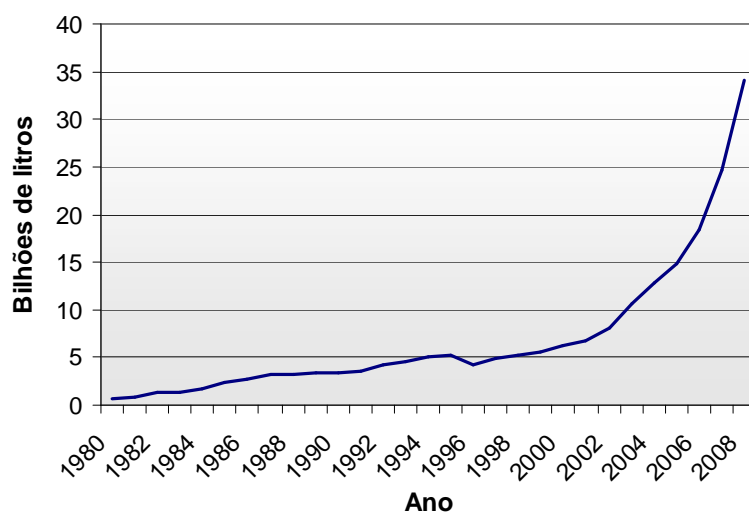
O intuito desse capítulo é apresentar um panorama das indústrias brasileira e norte-americana do etanol. A primeira seção faz uma análise da indústria estadunidense, apresentando suas principais características e alguns dados relevantes do setor. Na seção seguinte, apresenta-se brevemente o processo produtivo utilizado mais comumente nessa indústria para a obtenção de etanol, descrevendo também o processo de fabricação do etanol de segunda geração. Uma terceira seção dá início à análise da indústria do etanol no Brasil, para que posteriormente seja descrito o processo produtivo do etanol a partir da cana-de-açúcar. Por fim, na última seção se faz um balanço das duas indústrias, com algumas conclusões preliminares.

### **2.1 - A indústria do etanol nos Estados Unidos**

Atualmente, os Estados Unidos são os maiores produtores de etanol no mundo, produzindo no ano de 2008 cerca de 34 bilhões de litros, o equivalente a 52% de toda a produção mundial. Em segundo lugar encontra-se o Brasil, que produziu no ano de 2008 24,5 bilhões de litros de etanol, correspondendo a 37% de toda a produção mundial. A União Européia é a terceira maior produtora, produzindo no mesmo ano 4% da oferta mundial do combustível (RENEWABLE FUELS ASSOCIATION). Assim, os dois principais *players* mundiais na indústria do etanol são Brasil e EUA, que produzem juntos quase 90% de todo o álcool produzido no planeta.

A produção de etanol norte-americana tem crescido de forma vigorosa, em especial a partir da década de 2000, como pode ser verificado graficamente a seguir:

**Gráfico 2.1 – Histórico de produção de etanol dos EUA (1980 – 2008)**



Fonte: Renewable Fuels Association

A questão ambiental tem se mostrado bastante presente quando se discute a indústria do etanol, principalmente para explicar a recente expansão do mercado. Atualmente, é cada vez maior a preocupação com o esgotamento dos recursos naturais e o aumento da emissão dos gases que intensificam o efeito estufa. Estas questões ambientais ficaram mais evidentes e tornaram-se práticas após a assinatura, em 1997, do Protocolo de Kyoto, que prevê metas de redução na emissão dos supracitados gases (TETTI, 2002).

Diante disso, diversos países buscam soluções alternativas de energia, substituindo os combustíveis fósseis por fontes que sejam renováveis e menos nocivas ao meio ambiente. Dessas fontes, o etanol tem se mostrado bastante atraente como substituto da gasolina para abastecer veículos automotores. Soma-se a isso as inovações no ramo dos motores à

combustão, como o motor do tipo *flex fuel* (funcionando com gasolina, álcool ou ambos), e se tem então um cenário propício de crescente demanda por etanol.

Assim, o aumento na produção de etanol foi consequência de um aumento na demanda por etanol, corroborado através de diversas medidas governamentais de estímulo ao consumo de etanol, com o intuito de diminuir a dependência norte-americana de gasolina e as emissões de gases intensificadores do efeito estufa. Já na década de 1990 foram adotadas diversas medidas importantes de estímulo, determinando a mistura de etanol à gasolina, concedendo benefícios fiscais e subsídios aos produtores de etanol. Entre as medidas, pode-se citar: *Energy Policy Act* (1992 e 2005), *Clean Air Act* (1995), *Renewable Fuel Standard Program* (2006), entre outras.

Esse crescimento, obviamente, vem acompanhado de um grande aumento no número de usinas produtoras de etanol, ampliando a capacidade de produção. Ademais, houve um crescimento também na capacidade média de produção por usina, tendo essa mais do que dobrado nos últimos dez anos, como mostram os dados seguintes, verificados em janeiro dos respectivos anos:

**Tabela 2.1 – A indústria do etanol nos EUA em números**

Ano	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
<b>Usinas</b>	50	54	56	61	68	72	81	95	110	139	170
<b>Capacidade de produção*</b>	6.441	6.619	7.274	8.885	10.245	11.737	13.791	16.413	20.793	29.858	47.219
<b>Capacidade média por usina*</b>	129	123	130	146	151	163	170	173	189	215	278
<b>Usinas em construção / Expansão</b>	5	6	5	13	11	15	16	31	76	61	24
<b>Ampliação da capacidade em construção*</b>	291	346	245	1.479	1.828	2.263	2.854	6.730	21.330	20.954	7.820
<b>Estados com usinas</b>	17	17	18	19	20	19	18	20	21	21	26

\*: Em milhões de litros/ano

Fonte: Renewable Fuels Association

Pode-se afirmar também que houve uma expansão geográfica da produção de etanol. Se no início de 1999 as usinas se concentravam em 17 estados norte-americanos, dez anos depois outros nove estados passaram a possuir destilarias. Assim, apesar da maioria das usinas se concentrar no entorno do Corn Belt estadunidense, algumas usinas surgem em outras partes do território, em especial as usinas que não dependem do milho para produzir etanol, como no caso da produção de etanol de segunda geração ou etanol celulósico.

**Figura 2.1 – Localização geográfica das usinas norte-americanas (2010)**



Fonte: Renewable Fuels Association

Apesar dos dados impressionantes apresentados pelos Estados Unidos, o etanol produzido a partir do milho não é tão competitivo quanto o etanol produzido a partir da cana-de-açúcar no Brasil. Segundo José Goldemberg, os EUA produzem etanol a um custo de US\$ 0,27/litro, enquanto o combustível brasileiro é produzido a US\$ 0,21/litro. Após a tarifa imposta pelos norte-americanos, no entanto, o etanol brasileiro chega ao mercado norte-americano por US\$ 0,36. Assim, graças aos impostos, o etanol produzido a partir do milho se mantém competitivo frente ao etanol brasileiro. A tabela seguinte expõe dados comparativos

em relação ao etanol da cana-de-açúcar produzido no Brasil, da beterraba produzido na Europa e do milho e da celulose produzidos nos EUA.

**Tabela 2.2 – Análise comparativa entre os diversos tipos de etanol**

Insumo	Custo*	Balanco energético
Etanol de Cana, Brasil		10,2
2006, sem taxa de importação	0,21	
2006, com taxa de importação dos EUA	0,36	
Beterraba, Europa, 2003	0,76	2,1
Milho, EUA, 2006	0,27	1,4
Etanol celulósico, EUA		10
Alcançado em 2006	0,59	
Meta para 2012	0,28	

\*: Em dólares/litro.

Fonte: GOLDEMBERG (2007).

Vale ressaltar também que o etanol do milho produzido pelos EUA possui um baixo **balanço energético**<sup>1</sup> quando comparado ao etanol de cana-de-açúcar produzido pelo Brasil, sendo quase um combustível neutro do ponto de vista de geração energética, já que seu balanço fica próximo de uma unidade.

O etanol celulósico seria, nesse sentido, uma alternativa que contorna esse problema, já que o etanol produzido dessa forma apresenta balanço energético muito próximo daquele apresentado pelo etanol brasileiro. Assim, o grande desafio estadunidense seria o de tornar os custos de produção do etanol celulósico próximos aos custos de produção do álcool de cana-de-açúcar, inclusive com uma meta de se produzir a US\$ 0,28/litro em 2012, conforme apresentado nos dados anteriores.

<sup>1</sup> Unidades de combustível renovável obtidas para cada unidade de combustível fóssil utilizada no processo produtivo.

## 2.2 - Os processos produtivos do etanol do milho e celulósico

Existem basicamente dois processos de produção de etanol a partir do milho: moagem úmida e moagem seca. A principal diferença entre os dois está no tratamento inicial do grão.

Na moagem seca, o grão de milho inteiro (ou algum outro grão rico em amido) é moído e transformado em farinha, sendo posteriormente adicionada água à mistura. São depois adicionadas enzimas que convertem o amido em glicose, com a adição de amônia para controle de pH e como nutriente para o fermento.

Essa mistura é submetida a uma alta temperatura para reduzir o número de bactérias antes da fermentação, para que depois seja resfriada e transferida para fermentadores, adicionando fermento e dando início à conversão de açúcar em etanol e dióxido de carbono.

O processo de fermentação geralmente leva cerca de 40 a 50 horas. Durante esta parte do processo, a mistura é agitada e mantida sob refrigeração a fim de facilitar a atividade da levedura. Após a fermentação, a substância resultante é transferida para colunas de destilação, onde o etanol é separado do restante.

O etanol anidro é misturado então com cerca de 5% de desnaturantes para torná-lo intragável e, portanto, não sujeitos ao imposto de bebidas alcoólicas. Após isso, está pronto para embarque nos terminais gasolina ou varejistas.

Na moagem úmida, o grão é embebido ou mergulhado em água, sendo depois adicionado ácido sulfúrico de 24 a 48 horas, facilitando a separação do grão em diversas partes.

Após o processo, a polpa de milho é processada através de uma série de moinhos para separar o germe de milho. O óleo do germe de milho é então extraído no local ou vendido para trituradores que farão esse trabalho. As fibras remanescentes, glúten e componentes do amido são separados em uma centrífuga. O líquido é então concentrado em um evaporador e

separado até que restem apenas o amido e alguma água residual, que serão fermentados e transformados em etanol (RENEWABLE FUELS ASSOCIATION).

Em suma: a produção de etanol a partir do milho envolve uma variedade de processos, mas em ambos a etapa final é a fermentação. Ao longo de todo o processo de produção, são obtidos diversos subprodutos derivados do milho para a indústria alimentícia.

O etanol celulósico, por sua vez, é feito com base em materiais da biomassa celulósica ou, mais especificamente, lignocelulósica. A conversão da celulose e da hemicelulose em etanol é possível através dos processos de hidrólise ácida (processo químico) ou enzimática (processo biotecnológico), para chegar aos açúcares e, depois, por fermentação, produzir o etanol propriamente dito. O processo de hidrólise ácida destina-se a quebrar as moléculas de celulose ou hemicelulose, por meio da adição de ácido sulfúrico aos resíduos, enquanto no caso da hidrólise enzimática essa quebra se dá pela ação de enzimas (BASTOS, 2007).

A fabricação do etanol com base nessas fontes é possível, mas exigirá o domínio de processos e tecnologias ainda não completamente dominados e desenvolvidos no mundo, no nível comercial. O governo dos EUA, no entanto, reconheceu o potencial do etanol lignocelulósico, e está empenhado em tornar a sua produção viável do ponto de vista comercial.

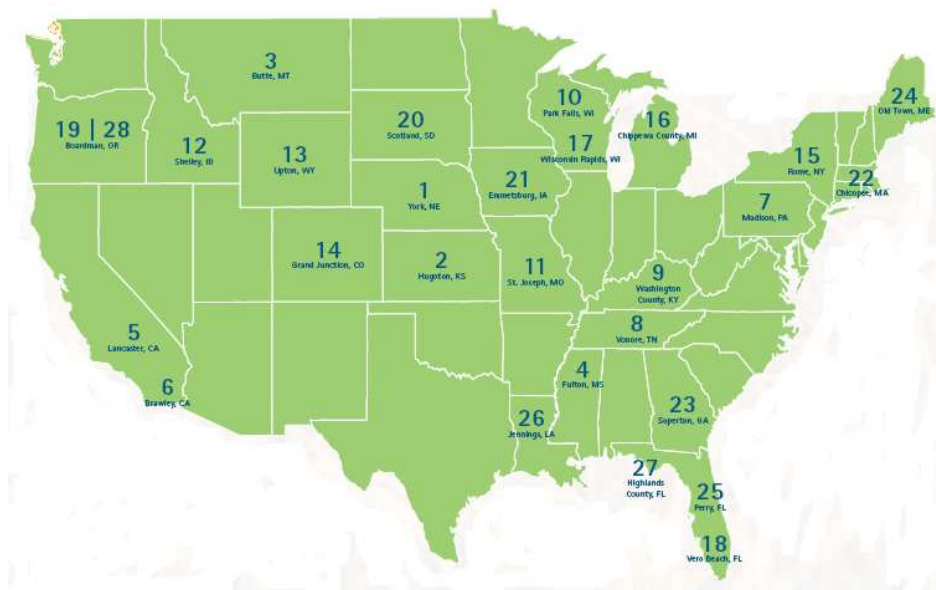
Para isso, os EUA têm realizado crescentes investimentos<sup>2</sup> de forma a tornar a produção do etanol de segunda geração viável comercialmente, o que faz surgir um grande número de usinas experimentais produtoras do combustível. O material utilizado como insumo por essas usinas experimentais varia bastante, podendo ser palhas, gramíneas, material florestal, entre outros. O mapa seguinte mostra a localização das usinas produtoras de etanol celulósico que estão em construção e desenvolvimento até janeiro de 2010, além de especificar o insumo base utilizado para se produzir álcool.

---

<sup>2</sup> Esses investimentos são descritos com mais detalhes no capítulo seguinte.



**Figura 2.2 – Usinas de etanol celulósico em desenvolvimento (2010)**



**Legenda:**

1 e 2. Abengoa Bioenergy CORP  
Palha de trigo, biomassa de gramíneas e outras.

3. AE Biofuels  
Sementes de capim, grama e palha de milho.

4 e 5. Bluefire Ethanol  
Resíduos verdes, resíduos de madeira, celulose, resíduos urbanos.

6. California Power + Ethanol, LLC  
Bagaço de cana

7. Coskata, INC  
Qualquer matéria à base de carbono, biomassa, resíduos urbanos, bagaço e resíduos agrícolas.

8. DuPont Danisco Ethanol LLC  
Gramíneas, palha de milho e de espigas de milho.

9. Ecofin, LLC  
Espigas de milho.

10. Flambeau River Biofuels LCC  
Resíduos florestais.

11. ICM, Inc.  
Gramíneas

12. Iogen Corp  
Resíduos agrícolas, incluindo a palha de trigo, palha de milho, gramíneas e palha de arroz.

13. KL ENERGY CORP  
Resíduos de madeira, incluindo papelão e papel.

14. Firefox Lignol Innovati  
Resíduos agrícolas e florestais.

15 e 16. Mascoma CORP  
Material lignocelulósico.

17. Newpage Corp  
Resíduos de serraria.

18. New Planet Energy, LLC  
Resíduos urbanos, papel não reciclável, construção e restos de demolição.

19. Pacific Ethanol, INC  
Palha de trigo.

20 e 21. Poet, LLC  
Fibra de milho, espigas de milho e talos de milho.

22. Qteros  
Material vegetal.

23. Range Fuels  
Resíduos de madeira e de derivados de madeira e capim.

24. RSE Pulp & Chemical LLC  
Lascas de madeira.

25. Universidade da Flórida  
Bagaço da cana-de-açúcar e cana modificada.

26. Verenium CORP  
Bagaço de cana e cana modificada.

27. Verenium CORP  
Cana-de-açúcar rica em fibras.

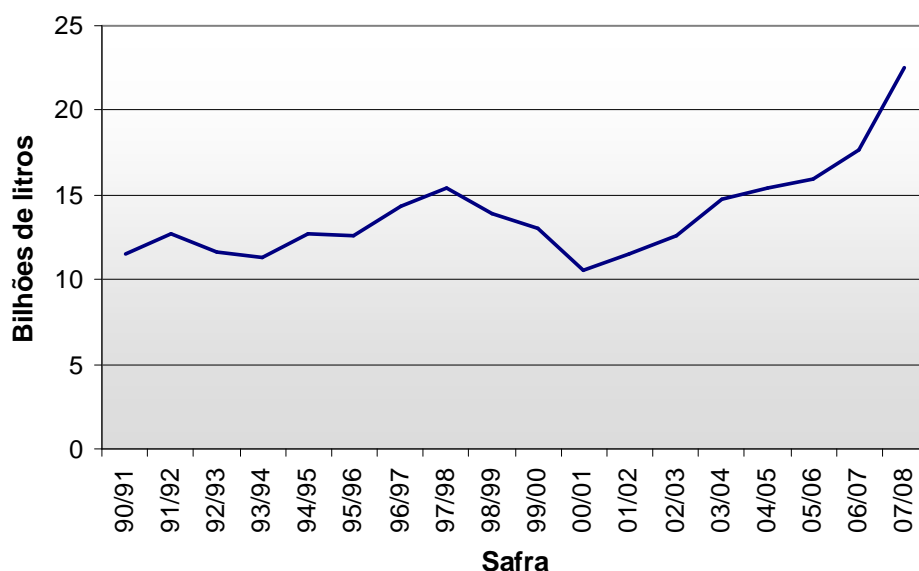
28. ZeaChem Inc.  
Açúcar e madeira.

Fonte: Renewable Fuels Association

## 2.3 - A indústria do etanol no Brasil

Como já foi abordado, o Brasil é atualmente o segundo maior produtor de etanol do mundo produzindo no ano de 2008 a quantia de 24,5 bilhões de litros de etanol, correspondendo a 37% de toda a produção mundial naquele ano. O gráfico seguinte resume a produção brasileira de etanol desde o início da década de 90.

**Gráfico 2.2 – Produção de etanol no Brasil (Safras 1990/1991 – 2007/2008)**



Fonte: ÚNICA

Como pode ser observado, diferentemente dos EUA, que só começou a se destacar na produção de etanol a partir da década de 2000, o Brasil já possuía uma produção significativa no início da década de 1990, com aumentos a partir do ano de 2003. Apesar da falta de dados referentes à produção brasileira de álcool anterior à década de 90, sabe-se que há tempos o país possui uma política ativa em relação ao setor sucroenergético, incentivando a produção de açúcar e álcool.

A intervenção pública no setor sucroenergético tem sua origem no ano de 1931, data da criação da Comissão de Defesa da Indústria Açucareira. Posteriormente, em 1933, a Comissão transforma-se em Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), cuja função era intervir diretamente sobre a produção e comercialização de cana e de açúcar.

Além disso, o IAA definiu também regras para exportação e administração dos preços do açúcar, uma vez que já existia controle e regulamentação sobre transporte, manuseio e armazenagem de açúcar. Da criação do Instituto até a década de 70 do século passado, a intervenção estatal assume praticamente todos os riscos e deficiências do setor privado, disfarçando-os sob a forma de incentivos e subsídios, inclusive subsídios regionais, impedindo desta forma o desenvolvimento da competição entre os agentes privados localizados no Nordeste e no Centro-Sul do país.

A partir da 1ª crise do petróleo, ainda na década de 70, a coordenação das decisões de produção e de comercialização estende-se também para a produção de álcool, até então um subproduto menos importante do sistema agroindustrial canavieiro. Em 1975 é criado o Programa Nacional do Alcool, Proálcool (decreto 76.593/75), um projeto vinculado aos governos militares do Brasil, que pretendiam incluir o álcool combustível na matriz energética do país, desdobrando-se em vários tipos de incentivos governamentais especiais para a produção do combustível (FONSECA, et al., 2008).

Além disso, o Programa assegurou a garantia de compra do álcool pela Petrobrás e a criação de linhas de crédito para financiamento das fases agrícola e industrial, especialmente a compra de máquinas e equipamentos.

Entre 1986 a 1995, os preços do açúcar no mercado internacional aumentam, fazendo com que muitos usineiros diminuam a produção de álcool e aumentem a de açúcar. Apesar disso, a demanda por álcool continua a aumentar de forma sustentada em função dos elevados incentivos ao consumo de carros a álcool, gerando um descompasso com a oferta. Este

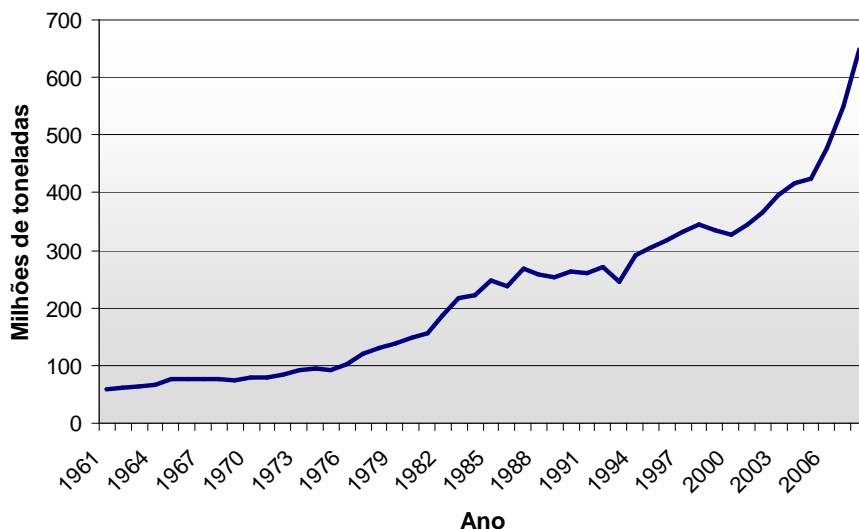
desequilíbrio entre oferta e demanda leva o governo a importar metanol para adição à gasolina ou ao álcool hidratado. Acompanhando a crise do abastecimento de álcool, o contrachoque do petróleo e a diminuição dos gastos governamentais, observa-se que a produção interna de petróleo volta a elevar-se inviabilizando a manutenção do Proálcool, não sendo mais interessante ao governo brasileiro continuar a importar álcool carburante (FONSECA, et.al., 2008).

Além de viabilizar a produção de etanol no Brasil, um dos resultados positivos da implantação do Proálcool no Brasil consistiu no aumento dos investimentos em P&D. Este tipo de investimento vem permitindo não só a ampliação da base produtiva diversificada da indústria, como o desenvolvimento de novas variedades de cana-de-açúcar, mais produtivas e com maior capacidade de transformação energética. Os investimentos em novas variedades de cana já eram desenvolvidos desde o início do Planalsucar, a agência criada para atuar como área de pesquisa do antigo IAA.

Os esforços produtivos e os ganhos de rentabilidade obtidos à época do Proálcool asseguraram uma confortável base competitiva para o setor do açúcar e álcool mesmo após fatos como o fim deste programa, a queda da demanda de álcool e o mercado da commodity açúcar voltar a ser a principal referência para os produtores brasileiros. Mais importante, ao final do período de intervenção estatal, a agroindústria sucroalcooleira brasileira passou a contar com um importante sistema de pesquisa e desenvolvimento, um sistema que articula instituições privadas e públicas de forma inédita no Brasil, dado o pequeno interesse do setor privado em pesquisas no país.

O gráfico seguinte indica a quantidade produzida de cana-de-açúcar no país desde a década de 1960 até 2008, ficando fácil perceber os impactos positivos do Proálcool em meados da década de 1970.

**Gráfico 2.3 – Produção de cana-de-açúcar no Brasil (1961 – 2008)**

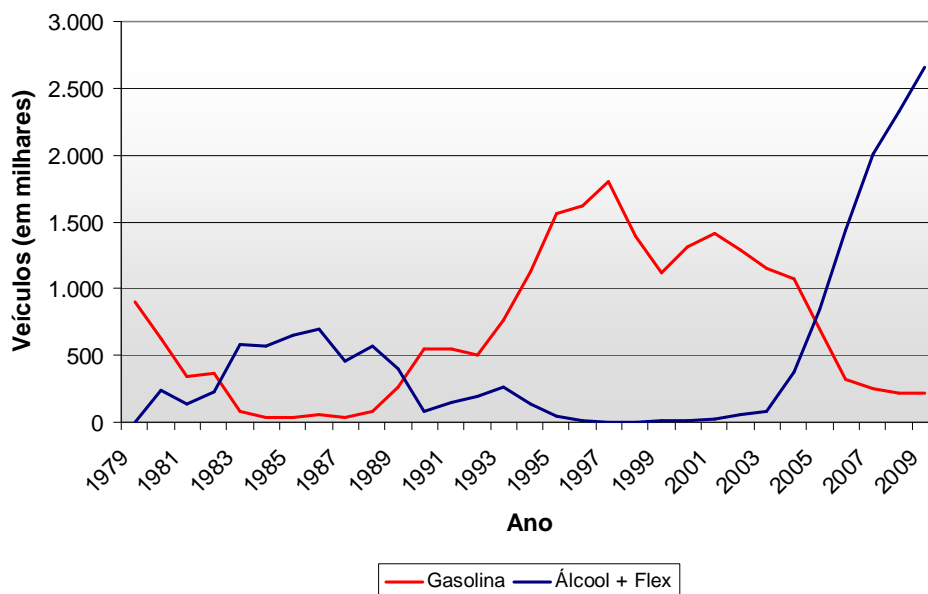


Fonte: FAO Statistics

O grande aumento na produção de cana-de-açúcar durante o início da década de 2000 pode ser explicado pelo aumento na demanda por etanol gerado pela difusão dos veículos *flex fuel*, que são movidos por etanol ou gasolina. Essa inovação criou um enorme mercado interno para o álcool, que agora se tornou um bem substituto perfeito em relação à gasolina. Se quiser minimizar os seus custos, o consumidor racional deve dividir o preço do etanol pelo preço da gasolina: se o quociente for menor do que 0,70 deve-se optar pelo álcool; caso contrário, deve-se abastecer com gasolina. Isso se justifica pela diferença de rendimento entre os dois combustíveis, já que, abastecido com etanol, um veículo de passeio roda uma quilometragem 30% menor em média se comparado a um veículo abastecido com gasolina.

Apresenta-se a seguir um gráfico indicando as vendas anuais de veículos de passeio no Brasil, de 1979 a 2009.

**Gráfico 2.4 – Vendas anuais de automóveis e comerciais leves (1979 – 2009)**

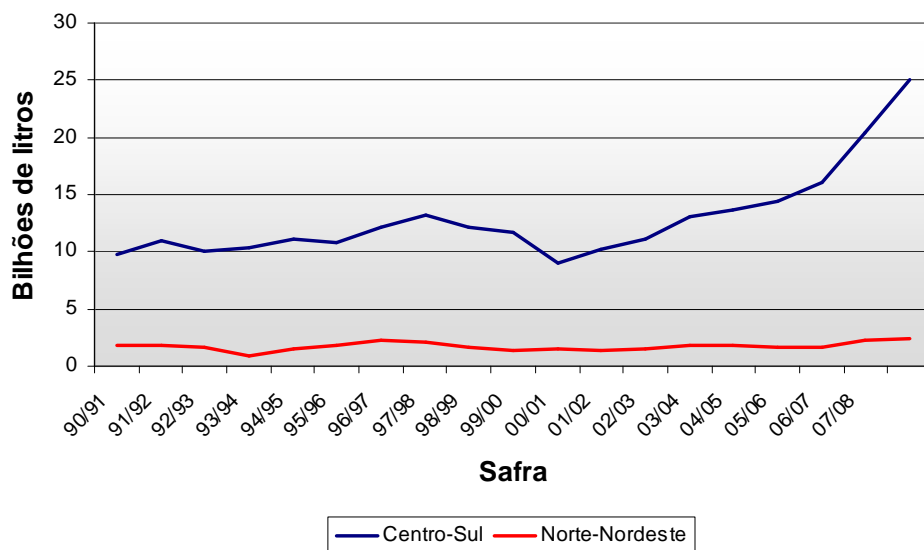


Fonte: ANFAVEA

As vendas de veículos movidos a álcool são maiores do que as vendas de veículos movidos a gasolina em dois períodos: no auge do Proálcool, em meados da década de 80, e de 2005 em diante, refletindo a introdução dos veículos *flex fuel* no mercado brasileiro no ano de 2003.

No que diz respeito à localização das usinas sucroenergéticas, elas se concentram nas regiões centro-sul e norte-nordeste, com destaque para a primeira, que é responsável por mais de 90% da produção de etanol brasileira atualmente. Além disso, o recente “boom” desse setor foi sustentado principalmente pelo centro-sul, que aumentou sua produção de etanol total em 159% desde o início da década de 90, contra um aumento de 33% da região norte-nordeste. O gráfico seguinte resume os aumentos de produção das duas regiões.

**Gráfico 2.5 – Produção de etanol no Brasil por região (Safr 1990/91 até 2007/08)**



Fonte: UNICA

Se analisada geograficamente a localização das usinas em território nacional, percebe-se que, na verdade, a maior parte das usinas da região centro-sul encontra-se nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná (principalmente São Paulo, onde estão os maiores grupos econômicos detentores de usinas), com pouquíssimas usinas instaladas nos outros estados do Sudeste, Sul e Centro-Oeste.

## 2.4 - O processo produtivo do etanol de cana-de-açúcar

O açúcar é essencialmente constituído por uma substância chamada sacarose, presente em plantas como a cana-de-açúcar e a beterraba. No Brasil, o açúcar é produzido a partir da cana-de-açúcar, enquanto na Europa utiliza-se a beterraba como matéria-prima.

A partir da cana-de-açúcar pode-se também produzir álcool. O álcool é obtido através de um processo bioquímico de fermentação. De maneira semelhante à produção de açúcar,

para a obtenção do álcool é necessário que o caldo receba um tratamento de purificação. É na fermentação que ocorre a transformação dos açúcares em etanol, utilizando-se uma levedura especial para fermentação alcoólica, a *Saccharomyces uvarum*. Após a fermentação, ocorrem ainda a centrifugação, o tratamento do fermento e a destilação (COSAN).

Os principais subprodutos desta agroindústria são o bagaço de cana, vinhaça e levedura. O bagaço de cana é formado pelo resíduo da moagem da cana-de-açúcar e é utilizado como combustível nas caldeiras geradoras de vapor que movimentam as turbinas e geram a energia que abastece a usina. Seu excedente é vendido para concessionárias de energia elétrica ou é usado nas caldeiras de indústrias processadoras de laranja e cítricos, de papel e celulose e outras, também para geração de energia. A vinhaça é um resíduo resultante da destilação, sendo usado como fertilizante na irrigação da lavoura e a levedura é utilizada como insumo na indústria de alimentos e na indústria de ração animal, sendo o suplemento alimentar em rações mais barato até hoje encontrado (FONSECA, et al., 2008).

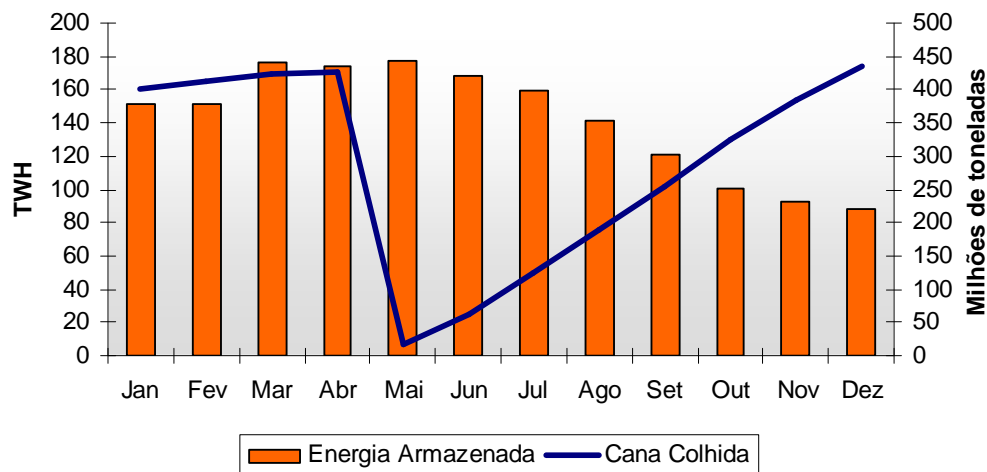
Vale citar que o bagaço da cana-de-açúcar tem um papel importante em razão do seu potencial de geração de energia elétrica em usinas térmicas, sobretudo porque a matriz energética brasileira é predominantemente hidroelétrica (70,7%). Esse fato deixa o país suscetível ao regime de chuvas, criando um problema em períodos de estiagem, quando a energia armazenada nos reservatórios pode ficar abaixo do necessário para a geração de energia do país (FIGUEIREDO, GOLDENBERG, 2008).

Porém, o período de colheita da cana-de-açúcar tem o seu início nos meses de abril e maio, prolongando-se até novembro, o que coincide com o período seco. Isto significa que a oferta de bagaço tem o seu início justamente quando as chuvas estão escassas nos reservatórios, fazendo com que a geração de energia elétrica a partir do bagaço tenha uma grande importância estratégica, a fim de evitar uma eventual falta de energia elétrica ou



necessidade de racionamento, como ocorreu no ano de 2001. O gráfico seguinte ilustra essa complementaridade, com dados referentes ao ano de 2007.

**Gráfico 2.6 – Safra da cana-de-açúcar e energia armazenada (2007)**



Fonte: FIGUEIREDO, GOLDENBERG (2008)

Com esse fato, uma eventual economia de escopo de se produzir etanol celulósico a partir do bagaço da cana-de-açúcar torna-se inviável, já que os resíduos vegetais seriam utilizados para a geração de energia elétrica.

## 2.5 - Conclusão

Brasil e Estados Unidos são os dois maiores produtores de etanol da atualidade, produzindo juntos quase 90% de toda a oferta mundial de etanol. Ambos os países intensificaram a sua produção a partir da década de 2000, buscando diminuir a utilização de combustíveis fósseis na sua matriz energética, para mitigar os riscos de uma dependência ao petróleo e minimizar as emissões de gases intensificadores do efeito estufa. Apesar dos EUA

ocuparem o primeiro lugar no ranking de produção de etanol, a sua liderança é condicionada a sua política de proteção à indústria local, concedendo subsídios ao etanol de milho e impondo tarifas ao etanol brasileiro, que consegue ser mais competitivo do que o etanol norte-americano.

Porém, com a recente descoberta do etanol de segunda geração, os EUA tentam transformar esse processo produtivo viável economicamente, tornando esse tipo de etanol competitivo em termos de custos e balanço energético se comparado ao etanol brasileiro. O desafio brasileiro seria, pois, de conseguir manter a sua competitividade frente ao resto do mundo (e, principalmente, aos Estados Unidos) mesmo após a produção em escala comercial do etanol celulósico.

## Capítulo 3 - Pesquisa & Desenvolvimento nos EUA e no Brasil

O objetivo do presente capítulo é identificar os projetos públicos de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) voltados para a produção de bioetanol realizados no Brasil e nos Estados Unidos, a partir de 2001 até o ano de 2008, bem como os montantes investidos por ambos os países. Assim, a primeira seção apresenta a estrutura de pesquisa existente nos EUA, seguida de uma segunda que apresenta os gastos realizados por diferentes instituições. A terceira seção, por sua vez, pesquisa os gastos realizados pelas instituições brasileiras, e a quarta e última seção tece algumas conclusões preliminares do capítulo.

### 3.1 - A Pesquisa & Desenvolvimento nos EUA

Os esforços de P&D em bioetanol nos EUA se encontram bastante centralizados nas instituições públicas. O maior incentivador das pesquisas norte-americanas é o governo, através do *Department of Energy*<sup>3</sup> (DOE). Dentro do Departamento, existe uma outra divisão, focada nas fontes renováveis de combustível: *Energy Efficiency and Renewable Energy*<sup>4</sup> (EERE).

O EERE tem como objetivos principais a melhoria da eficiência e produtividade energética, bem como trazer formas limpas, confiáveis e rentáveis de energia para o mercado. As atividades tecnológicas são conduzidas em parceria com o setor privado, laboratórios nacionais do DOE, universidades e governos locais. O EERE possui 10 programas principais, os quais:

- a) Programa de Biomassa;

---

<sup>3</sup> Departamento de Energia

<sup>4</sup> Eficiência Energética e Energia Renovável

- b) Programa de Tecnologias de Construção;
- c) Programa Federal de Gerenciamento de Energia;
- d) Tecnologias Geotérmicas;
- e) Tecnologias de Hidrogênio, Células de Combustível e Infraestrutura;
- f) Tecnologias Industriais;
- g) Tecnologias de Energia Solar;
- h) Tecnologias Veiculares;
- i) Tecnologia Eólica e Hidroenergética.

Todas as tecnologias relacionadas com etanol, escopo da presente pesquisa, estão ligadas ao Programa de Biomassa. O programa possui como meta principal o desenvolvimento de uma indústria de biomassa que produza biocombustíveis renováveis, aumentando a segurança energética norte-americana, reduzindo a dependência de petróleo do país, bem como a emissão de gases poluentes intensificadores do efeito estufa.

A P&D é conduzida de forma organizada, e divide-se em quatro áreas tecnológicas fundamentais, que serão analisadas a seguir.

#### ° **Matéria-prima**

Essa é a área responsável pela escolha das matérias-primas que serão utilizadas para a fabricação de biocombustíveis. Para que a tecnologia seja instalada, é preciso que haja matéria-prima suficiente para a implantação, ou pelo menos um potencial futuro de abundância do insumo. De nada adiantaria a descoberta de um cultivar barato e conversível em bioenergia se ele não pudesse ser cultivado em solo norte-americano.

O valor energético da matéria-prima também é um fator importante a ser considerado. No momento, a cana-de-açúcar é imbatível na produção de etanol em termos energéticos, e

ultrapassa de longe o potencial do milho, principal insumo norte-americano para a fabricação do combustível. A medida utilizada para fazer essa mensuração é o balanço energético, e ela indica as unidades de combustível renovável que são obtidas no processo, por cada unidade de combustível fóssil gasta. Enquanto o etanol da cana-de-açúcar possui um balanço energético de 10,2 o etanol do milho possui balanço energético de 1,4 apenas (GOLDEMBERG, 2007).

Nessa área, o Programa de Biomassa realiza pesquisas em conjunto com o *U.S Department of Agriculture*<sup>5</sup> (USDA) e diversas instituições privadas e de ensino, desenvolvendo tecnologias que vão desde a manipulação genética das matérias-primas até as técnicas de plantio e colheita.

Além disso, também é realizada pesquisa na área de logística, para viabilizar a chegada da matéria-prima até a biorefinaria de forma eficiente e minimizadora de custos.

#### ° **Processamento e conversão**

Essa é a área responsável pelas tecnologias de conversão que transformarão a matéria orgânica em combustível. São duas as principais linhas de pesquisa, buscando sempre métodos mais eficientes:

- a) Conversão Bioquímica: a biomassa é transformada em açúcares usando processos enzimáticos ou também químicos, para que depois seja feita a fermentação, transformando os açúcares em etanol;
- b) Conversão Termoquímica: a biomassa é fragmentada pela utilização de calor, e depois transformada em combustível através de uma combinação de calor e pressão na presença de catalisadores.

---

<sup>5</sup> Departamento de Agricultura dos EUA

### ° **Biorefinarias integradas**

Nesta área, o foco é o desenvolvimento de tecnologias que facilitem a instalação de novas biorefinarias integradas.

O conceito de biorefinarias é semelhante ao utilizado na indústria do petróleo, com a exceção de que envolve também a utilização de materiais biológicos. Biorefinarias integradas, por sua vez, utilizam diversas matérias-primas e tecnologias de conversão, produzindo uma grande variedade de produtos, principalmente biocombustíveis. O programa preza por essa diversidade, sob a justificativa de que, através da variedade de matéria-prima e de processos, a difusão da tecnologia por diversas regiões geográficas é facilitada, fazendo com que as biorefinarias se espalhem por todos os Estados Unidos.

### ° **Infraestrutura**

Essa área diz respeito à última etapa da cadeia de produção do biocombustível, onde o programa pesquisa métodos eficientes de distribuição do combustível para suprir o mercado. Faz-se mister que a oferta seja compatível com a demanda para que o produto seja acessível ao consumidor final, maximizando o bem-estar.

A principal meta do Programa de Biomassa norte-americano, no entanto, tem sido o desenvolvimento do etanol celulósico. Este tipo de etanol, conhecido também como etanol de segunda-geração, consiste em um combustível obtido a partir de materiais biológicos que contenham celulose. O processo de conversão ocorre da seguinte forma: em um primeiro momento, realiza-se a hidrólise para transformar o material celulósico em glicose. A hidrólise, por sua vez, pode ser de dois tipos diferentes: hidrólise enzimática, que utiliza enzimas para hidrolisar os polímeros, e hidrólise química, quando o material celulósico a ser diluído é

submetido a uma solução ácida. Após a obtenção da glicose, segue-se a segunda etapa, de fermentação da glicose para a obtenção do etanol.

O etanol celulósico possui um balanço energético bastante superior ao etanol do milho, estimado em 10 unidades de combustível renovável para cada unidade de combustível fóssil gasta. O etanol de segunda-geração também ajuda a contornar o problema da pressão sobre o preço dos alimentos. Isso ocorre porque, para se produzir etanol a partir do milho, é preciso deslocar parte da produção da indústria de alimentos para a produção de combustível, o que cria uma pressão inflacionária sobre o milho, uma das bases da alimentação norte-americana.

O processo, porém, esbarra em fatores técnicos e econômicos. A obtenção do etanol celulósico é ainda muito cara, em especial devido ao alto preço para a utilização das enzimas. A principal busca do Programa de Biomassa norte-americano, portanto, tem sido a viabilidade econômica do etanol de segunda-geração para poder concorrer com outros tipos de etanol, em especial o etanol brasileiro da cana-de-açúcar, no momento o mais competitivo e de melhor custo-benefício.

### 3.2 - Gastos norte-americanos em P&D

Como já foi relatado, o DOE é o principal financiador da P&D em biocombustíveis nos EUA. Esse fato facilita a busca de informações mais concretas acerca do tema como, por exemplo, a descrição dos projetos, bem como a quantia gasta.

Através de uma busca minuciosa no endereço eletrônico da entidade foi possível obter tais informações. Porém, uma procura por investimentos mais antigos, anteriores a 2002, por exemplo, mostrou-se infrutífera, o que não significa que os resultados obtidos sejam inconsistentes. Por meio de uma pesquisa do recente histórico de P&D é possível traçar o

perfil do mercado de biocombustíveis no país, bem como ter uma boa noção dos valores dos projetos em média, comparando-os com a realidade brasileira.

### **3.2.1 - Projetos do EERE**

De início, se contabilizará a quantia gasta pelo EERE, a divisão interna do DOE voltada para o desenvolvimento de tecnologias relacionadas a energia renovável. O EERE realiza chamadas para projetos, e os interessados se candidatam para receberem o fomento. A grande maioria dos financiamentos é destinada à indústria, empresários e universidades.

No endereço eletrônico, estão discriminados 138 projetos desde 2004, dos quais 15 são destinados exclusivamente para o desenvolvimento de tecnologias ligadas a área de biomassa. Os objetivos desses projetos vão desde a obtenção de enzimas mais eficientes para a conversão da biomassa em etanol celulósico até o desenvolvimento de novas tecnologias de conversão de biomassa em etanol. Além disso, também existem projetos que buscam uma nova logística para a cadeia do bioetanol, em especial o etanol lignocelulósico. Vale atentar para o fato de que os projetos mais caros são aqueles voltados para o financiamento da construção e manutenção de biorefinarias que produzam etanol celulósico.

Para fins de contagem, foram considerados apenas os projetos os quais as datas de fechamento já expiraram. Essa metodologia foi adotada pois os projetos com data de fechamento ainda distante não possuem informações como valor, por exemplo, tornando-os pouco úteis para a pesquisa. Ainda assim, um dos projetos, do ano de 2006, não indicava o montante gasto<sup>6</sup>.

---

<sup>6</sup> Esse projeto não se tratou de uma oportunidade de financiamento, e sim de uma procura por informações, recorrendo à indústria, academia e produtores de etanol, como o próprio EERE definiu.



Assim, os projetos contabilizados somam um total de U\$ 196,5 milhões e, se for desconsiderado o projeto que não indica a quantia gasta, obtêm-se uma média de U\$ 19,65 milhões por projeto. Na tabela seguinte se tem uma síntese desses projetos.

**Tabela 3.1 – Número de projetos e quantia liberada - EERE (em milhões de dólares)**

Ano	Nº de projetos	Valor
2004	2	35
2005	0	0
2006	2	67
2007	4	83,5
2008	2	11

Fonte: Energy Efficiency and Renewable Energy – Elaboração própria

### **3.2.2 - Projetos do DOE**

Essa modalidade de fomento é caracterizada por projetos mais caros e em parceria com o setor privado, com o objetivo de viabilização comercial dos mesmos. Se o fomento descrito no item anterior possui um caráter mais acadêmico e experimental, este possui um viés mais empresarial e empreendedor.

No endereço eletrônico, podem ser identificados 5 projetos, com o valor do fomento sendo aplicado ao longo de 3 ou 4 anos, com exceção de um projeto, o qual centrava seus gastos em apenas um ano.

Aqueles agraciados com o fomento, além de investir a quantia recebida, aplicam também o seu próprio capital, contribuindo assim para um investimento em P&D ainda maior. Se considerarmos apenas o montante liberado pelo DOE, contabiliza-se a quantia de US\$

568,1 milhões liberados. Ao somar o investimento privado que também é utilizado nas pesquisas, chega-se a quantia de US\$ 854 milhões. A tabela seguinte resume os dados.

**Tabela 3.2 – Projetos e quantia anual liberada – DOE (em milhões de dólares)**

<b>Identificação do projeto</b>	<b>Ano</b>	<b>Investimento público</b>	<b>Investimento privado</b>	<b>Investimento total</b>	<b>Projetos financiados</b>
Biorefinarias celulósicas - escala comercial	2007	272	0	272	4
Desenvolvimento de organismos fermentativos	2007	23,3	14	37,3	5
Conversão termoquímica	2007	9,7	8	17,7	5
Biorefinarias celulósicas - pequena escala	2008	229,3	227,7	457	9
Desenvolvimento de enzimas	2008	33,8	36,2	70	4

Fonte: Energy Efficiency and Renewable Energy – Elaboração própria

O primeiro fomento tem o objetivo de incentivar a produção de etanol celulósico em escala comercial, a partir de diversos insumos, como fibra de milho, restos de madeira, resíduos de agricultura e lixo urbano. Segundo o próprio DOE, busca-se demonstrar a rentabilidade de se produzir etanol de segunda geração, tornando viável a sua produção em larga escala.

O segundo projeto listado é focado no desenvolvimento de organismos fermentativos altamente eficientes, capazes de converter matéria orgânica em etanol. Para isso, foram levadas em consideração a capacidade de conversão do organismo, bem como a viabilidade econômica de sua implementação no processo produtivo.

O terceiro projeto busca demonstrar o processo de conversão termoquímica de transformação de gramíneas, fibras do milho e outros materiais orgânicos em biocombustível.

O quarto projeto vai fomentar o desenvolvimento de refinarias de pequena escala, que correspondam a 10% de uma refinaria em escala comercial. Busca-se principalmente o

desenvolvimento de novas técnicas e processos capazes de transformar matéria orgânica em etanol.

Por fim, o quinto projeto listado tem o objetivo de desenvolver um sistema de enzimas mais eficientes para conversão de material orgânico em açúcares, para a sua posterior produção de etanol. O foco é tornar o processo produtivo de etanol celulósico menos custoso, já que um dos gargalos para a sua produção é a utilização de enzimas, que aumenta os custos de produção.

### **3.2.3 - Biomass Research and Development Initiative<sup>7</sup> (BRDI)**

Trata-se de um órgão que realiza financiamentos na área de biomassa, fruto de uma parceria entre USDA e DOE. Os projetos financiados pelo BRDI são focados em quatro áreas técnicas:

- a) produção de matéria-prima, através do desenvolvimento de cultivares eficientes para a produção de biocombustíveis;
- b) técnicas de conversão de material celulósico em combustíveis renováveis;
- c) diversificação de produtos através do melhor aproveitamento do material orgânico, como co-geração de energia e alimentação animal;
- d) análises estratégicas, como estudo de custos, sustentabilidade, etc.

No endereço eletrônico, é possível ter acesso a lista de todos os projetos que receberam ajuda governamental da instituição, bem como o valor recebido e o ano. A tabela abaixo sintetiza os dados coletados.

---

<sup>7</sup> Iniciativa de Pesquisa e Desenvolvimento de Biomassa

**Tabela 3.3 – Número de projetos e quantia liberada – BRDI (em milhões de dólares)**

Ano	Nº de projetos	Valor	Financiamento médio por projeto
2002	8	79,35	9,92
2003	19	23,80	1,25
2004	13	26,36	2,03
2005	11	12,63	1,15
2006	17	17,49	1,03
2007	21	18,45	0,88

Fonte: Biomass Research and Development Initiative – Elaboração própria

Analisando-se os dados, observa-se um financiamento médio por projeto substancialmente maior no ano de 2002, em comparação com os anos seguintes. Isso ocorre porque o ano de 2002 foi caso *sui generis* em termos de projetos financiados, uma vez que teve a participação de grandes *players* do mercado de biotecnologia e bioenergia, como Cargill, Dupont e Abengoa, e envolveu projetos com custos elevados, como por exemplo construção de novas biorefinarias.

Nos anos seguintes, foi maior a participação das instituições de ensino e do setor privado de médio porte, o que mostra uma média mais baixa de valor liberado para cada projeto. No ano de 2002, o projeto mais caro era de US\$26 milhões, enquanto os projetos mais caros dos anos seguintes não passavam de US\$ 2 milhões. No total, foram liberados US\$ 178,08 milhões para financiamento de pesquisa & desenvolvimento pelo BRDI.

#### **3.2.4 - A soma dos valores**

Dessa forma, diante de todos os dados coletados, pode-se realizar a soma dos valores e dos projetos fomentados nos EUA para a realização de P&D em bioetanol. Considerando-se o

período de 2001<sup>8</sup> até 2008, pode-se constatar que os gastos públicos em pesquisa das três instituições pesquisadas são de US\$ 942,68 milhões, identificando 126 projetos. Analisando os projetos, pode-se observar também que o foco da pesquisa norte-americana é de fato o etanol celulósico e sua viabilização econômica, financiando projetos caríssimos que tentam atingir uma escala comercial de produção deste tipo de etanol.

Pode-se ainda perceber a preocupação com a totalidade da cadeia produtiva do etanol celulósico. A problemática maior desse tipo de combustível é a conversão de matéria orgânica em combustível, pois o processo ainda é muito caro. Os esforços da P&D norte-americana, no entanto, vão além dessas questões: ela busca também soluções para o problema de distribuição do combustível para o mercado, para a distribuição eficiente da matéria-prima orgânica até as biorefinarias, entre diversos outros fatores.

### **3.2.5 - Políticas recentes de estímulo aos combustíveis renováveis**

Vale ressaltar duas medidas recentes tomadas pelos dois últimos presidentes norte-americanos, que certamente servem para explicitar toda a recente preocupação dos EUA com a sua segurança energética.

A primeira medida importante é o chamado *Twenty in Ten*, ou, em português, “Vinte em Dez”. O nome lembra o famoso Plano de Metas de Juscelino Kubitschek, chamado “50 anos em 5”, mas trata-se de política diversa. O “Vinte”, na verdade, faz referência a uma quantidade porcentual de 20%, enquanto o “Dez” faz alusão a um período de 10 anos. Assim, o objetivo do plano do presidente George W. Bush seria o de reduzir o consumo de gasolina de seu país em 20% no prazo de 10 anos.

---

<sup>8</sup> Vale ressaltar que nenhuma instituição norte-americana apresentava dados referentes ao ano de 2001.

Trata-se de um plano audacioso, propondo mudanças tanto técnicas como também regulatórias, com o objetivo de reduzir a dependência ao petróleo estrangeiro e diminuir a emissão de gases intensificadores do efeito estufa. Entre as medidas propostas por essa política, procura-se aumentar a eficiência dos veículos, para que consumam menos combustível, além de aumentar por força da lei a quantidade obrigatória de combustível renovável que deve ser misturada a gasolina.

O *Twenty in Ten* foi divulgado no início de 2007 e, apesar de não possuir medidas concretas de financiamento nem de inovações técnicas, é um bom indicador da preocupação do governo americano em relação a sua segurança energética.

Vale também mencionar o *American Recovery and Reinvestment Act* do presidente Barack Obama. Trata-se de um pacote de estímulo econômico lançado em 2009 objetivando contornar, ou ao menos apaziguar, a crise que atingiu a economia mundial a partir do terceiro trimestre de 2008. O pacote econômico liberou em torno de 787 bilhões de dólares para aquecer a economia norte-americana, dos quais 16,8 bilhões de dólares foram direcionados ao escritório de energia renovável, EERE.

Porém, apenas 800 milhões foram destinados ao Programa de Biomassa, ou o que corresponderia a aproximadamente 4,8% do total de recursos. Em um primeiro momento, talvez se tenha a impressão de que o Programa de Biomassa está longe de ser uma prioridade para o governo, uma vez que recebeu um valor relativamente baixo se comparado com o total liberado. Porém, vale atentar para o fato de que o Programa de Biomassa, entre os 10 programas principais do EERE, foi aquele que mais recebeu verba, seguido em segundo pelo Programa de Tecnologias Geotérmicas, que recebeu 400 milhões de dólares.

Esse fato se explica porque, dos 16,8 bilhões de dólares totais, quase 11 bilhões de dólares, equivalentes a aproximadamente 65% dos recursos, foram repassados para os estados por programas do DOE em parceria com esses entes. Além disso, vale lembrar que o objetivo

principal da política não é necessariamente desenvolver a P&D no país, e sim aquecer a economia.

Também parece pertinente observar que esses 800 milhões de dólares liberados para o Programa de Biomassa não devem ser considerados na soma dos gastos destinados à P&D de bioetanol. Esse valor indica uma das origens dos recursos, não um de seus fins, e contabilizar essa quantia ocasionaria em uma dupla contagem de valores.

### 3.3 - A Pesquisa & Desenvolvimento no Brasil

A P&D em bioetanol ocorre de uma forma muito menos centralizada no Brasil, se comparado aos EUA, por meio de diversas instituições públicas que muitas vezes coordenam o processo inovativo com instituições privadas. Infelizmente, nem todos os centros de pesquisa divulgam suas atividades com clareza, sendo muito difícil a obtenção de dados. Assim, de todos os órgãos que serão apresentados nas seções seguintes, foram poucos aqueles em que se pode quantificar a atividade de pesquisa em termos monetários.

#### 3.3.1 - Fundos Setoriais

Os Fundos Setoriais de Ciência e Tecnologia, criados a partir de 1999, são instrumentos de financiamento de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação no País. Há 16 Fundos Setoriais, sendo 14 relativos a setores específicos e dois transversais. Destes, um é voltado à interação universidade-empresa (FVA – Fundo Verde-Amarelo), enquanto o outro é destinado a apoiar a melhoria da infra-estrutura de ICTs (Infra-estrutura).

A criação dos Fundos Setoriais representa o estabelecimento de um novo padrão de financiamento para o setor, sendo um mecanismo inovador de estímulo ao fortalecimento do sistema de C&T nacional. Seu objetivo é garantir a estabilidade de recursos para a área e criar um novo modelo de gestão, com a participação de vários segmentos sociais, além de promover maior sinergia entre as universidades, centros de pesquisa e o setor produtivo.

Com exceção do Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações (FUNTTEL), gerido pelo Ministério das Comunicações, os recursos dos demais Fundos são alocados no FNDCT e administrados pela FINEP, como sua Secretaria Executiva. Os Fundos Setoriais foram criados na perspectiva de serem fontes complementares de recursos para financiar o desenvolvimento de setores estratégicos para o País.

No endereço eletrônico do CNPq é possível ter acesso a todos os gastos dentro de cada Fundo Setorial, do ano de sua respectiva criação até o ano presente. Assim, pesquisou-se apenas os fundos que provavelmente apresentariam projetos relacionados a P&D em bioetanol, os quais: Agronegócio, Biotecnologia e Energia <sup>9</sup>. Em mãos de todos os nomes de projetos de pesquisa fomentados, fez-se uma busca por palavras-chave a fim de verificar a sua relação com o tema do bioetanol, analisando-se posteriormente cada projeto de forma individual.

O Fundo setorial de agronegócio possui como foco a capacitação científica e tecnológica nas áreas de agronomia, veterinária, biotecnologia, economia e sociologia agrícola, entre outras; atualização tecnológica da indústria agropecuária; estímulo à ampliação de investimentos na área de biotecnologia agrícola tropical e difusão de novas tecnologias. Desde o ano da criação do Fundo, em 2002, até o ano de 2008, foram contabilizados 47 projetos relacionados ao bioetanol e um total de 5,04 milhões de reais.

---

<sup>9</sup> A princípio, acreditou-se que o Fundo Verde-amarelo, também conhecido como Programa de Estímulo à Interação Universidade-Empresa para Apoio à Inovação, pudesse apresentar algum projeto pertinente, o que não se verificou.



O Fundo setorial de biotecnologia tem como objetivo a formação e capacitação de recursos humanos para o setor de biotecnologia, fortalecimento da infra-estrutura nacional de pesquisas e serviços de suporte, expansão da base de conhecimento, estímulo à formação de empresas de base biotecnológica e à transferência de tecnologias para empresas consolidadas, prospecção e monitoramento do avanço do conhecimento no setor. Desde o ano da criação do Fundo, em 2004, até o ano de 2008, foram contabilizados apenas 3 projetos relacionados ao tema e um total de 392 mil reais.

Por fim, o Fundo setorial de energia busca financiar programas e projetos na área de energia, especialmente na área de eficiência energética no uso final. A ênfase é na articulação entre os gastos diretos das empresas em P&D e a definição de um programa abrangente para enfrentar os desafios de longo prazo no setor, tais como fontes alternativas de energia com menores custos e melhor qualidade e redução do desperdício, além de estimular o aumento da competitividade da tecnologia industrial nacional. Desde o ano da criação do Fundo, em 2001, até o ano de 2008, foram contabilizados 18 projetos relacionados ao bioetanol, somando um total de 2,5 milhões de reais. A tabela a seguir resume os gastos totais com P&D em bioetanol pelos três Fundos Setoriais supracitados:

**Tabela 3.4 – Número de projetos e quantia total gasta em P&D pelos Fundos Setoriais (valor total em milhões de reais)**

	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001
<b>Agronegócio</b>	26	18	0	3	0	0	0	n/d
<b>Biotecnologia</b>	0	1	0	0	2	n/d	n/d	n/d
<b>Energia</b>	0	3	1	5	4	0	1	4
<b>Valor total</b>	3,21	1,75	0,01	0,58	0,95	0,00	0,05	0,16

n/d: Não disponível, pois o Fundo ainda não havia sido criado.

Fonte: CNPq, elaboração própria.

Analisando os dados, pode-se perceber claramente uma tendência recente de aumento ao fomento na pesquisa inovadora relacionada ao etanol, com uma pesquisa mais centrada no

Fundo de Agronegócio. A pesquisa nos últimos dois anos se mostra centrada no Fundo Agronegócio, pois a maior parte dos projetos está relacionada ao desenvolvimento de melhores espécies de cana-de-açúcar, com maior teor de sacarose (logo, mais produtivas) e adaptadas a terrenos inóspitos, como o sertão nordestino.

### **3.3.2 - Subvenção Econômica (FINEP)**

A concessão de subvenção econômica para a inovação nas empresas é um instrumento de política de governo largamente utilizado em países desenvolvidos, operado de acordo com as normas da Organização Mundial do Comércio. Lançado no Brasil em agosto de 2006, esta foi a primeira vez que um instrumento desse tipo foi disponibilizado no País.

O objetivo do Programa de Subvenção Econômica é promover um significativo aumento das atividades de inovação e o incremento da competitividade das empresas e da economia do país. A nova modalidade de apoio financeiro permite a aplicação de recursos públicos não-reembolsáveis diretamente em empresas, para compartilhar com elas os custos e riscos inerentes a tais atividades.

O marco-regulatório que viabiliza a concessão de subvenção econômica foi estabelecido a partir da aprovação da Lei 10.973, de 02.12.2004, regulamentada pelo Decreto 5.563, de 11.10.2005, e da Lei 11.196, de 21.11.2005, regulamentada pelo Decreto no. 5.798 de 07 de junho de 2006. Esse novo cenário é voltado para a promoção da inovação nas empresas no país e tem na FINEP, empresa pública vinculada ao Ministério de Ciência e Tecnologia, seu principal agente.

Desde o início do programa em 2006 até o início de 2009, foram realizadas um total de 5 chamadas públicas, que fomentaram ao todo 13 projetos que somaram 62,3 milhões de reais, como se verifica na tabela abaixo:

**Tabela 3.5 – Número de projetos e quantia total gasta em P&D na modalidade Subvenção Econômica (em milhões de reais)**

<b>Ano</b>	<b>Nº de projetos</b>	<b>Valor total</b>
2007	4	13,1
2008	9	49,2
Total	13	62,3

Fonte: FINEP, elaboração própria.

Vale ressaltar que os dados para o ano de 2006 não estão disponíveis, e por essa razão não foram contabilizados na pesquisa.

### **3.3.3 - BIOEN/FAPESP**

A última instituição de fomento à P&D que apresenta dados é a FAPESP, que financia atividades de inovação ligadas à cana-de-açúcar e ao bioetanol através do programa BIOEN.

O programa objetiva estimular e articular atividades de pesquisa e desenvolvimento utilizando laboratórios acadêmicos e industriais para promover o avanço do conhecimento e sua aplicação em áreas relacionadas à produção do Bioenergia no Brasil. São 5 as divisões dentro do BIOEN, as quais:

- a) Divisão de Biomassa para Bioenergia (com foco em cana-de-açúcar);
- b) Divisão de Processo de Fabricação de Biocombustíveis;
- c) Divisão de Biorefinarias e Alcoolquímica;

- d) Divisão de Aplicações do Etanol para Motores Automotivos: motores de combustão interna e células-combustível; e
- e) Divisão de Pesquisa sobre impactos sócio-econômicos, ambientais, e uso da terra.

O BIOEN conta com uma sólida base de pesquisa exploratória acadêmica relacionada às cinco divisões. Espera-se que essas atividades exploratórias possam gerar novos conhecimentos e formar recursos humanos altamente qualificados, essenciais para aprimorar a capacidade da indústria em tecnologias dirigidas ao etanol e aumentar sua competitividade interna e externa.

O BIOEN inclui pesquisa acadêmica e, quando apropriado, estabelece parcerias para o desenvolvimento de atividades de pesquisa cooperativa entre universidades e institutos e pesquisa no Estado de São Paulo e empresas, compartilhando recursos humanos, materiais e financeiros.

Nessas parcerias, os detalhes específicos dos temas de interesse são especificados de acordo com o interesse do parceiro privado e do compromisso da FAPESP em fomentar pesquisa no Estado de São Paulo. Outras agências, tanto do governo federal como de outros estados, participam do BIOEN-FAPESP.

O programa divulga em seu endereço eletrônico os valores liberados nas últimas 5 chamadas de propostas de pesquisa, todas ocorridas no ano de 2008. Somando-se as chamadas chega-se ao valor de 163 milhões de reais.

Vale ressaltar que as pesquisas fomentadas pelo BIOEN são em sua maior parte relacionadas ao desenvolvimento de tecnologias ligadas ao etanol celulósico e à sua produção em larga escala, diferentemente dos projetos financiados pelas duas instituições anteriores, que em sua maior parte buscam aumentar a produtividade do etanol da cana-de-açúcar. A tabela a seguir resume os dados obtidos:

**Tabela 3.6 - Quantia total gasta em P&D pelo BIOEN (em milhões de reais)**

<b>Nome da Chamada</b>	<b>Valor</b>
1ª Chamada de Propostas de Pesquisa para Pesquisa Acadêmica – para Projetos Temáticos-Pronex (Convênio FAPESP-MCT/CNPq-Pronex)	38
2ª Chamada de Propostas de Pesquisa para Pesquisa Acadêmica – para Auxílio Regular à Pesquisa e Programa Jovem Pesquisador em Centros Emergentes	10
1ª Chamada de Propostas de Pesquisa do Convênio FAPESP-Dedini	100
1ª Chamada de Propostas de Pesquisa do Convênio FAPESP-FAPEMIG	5
Chamada de Propostas de Pesquisa do Convênio FAPESP-Braskem	10
<b>Total</b>	<b>163</b>

Fonte: FAPESP, elaboração própria.

### **3.3.4 - A soma dos valores**

Somando-se todos os projetos e valores contabilizados na pesquisa chega-se ao valor de 232,1 milhões de reais em um horizonte de tempo que vai de 2001, com a criação dos Fundos Setoriais, até o final do ano de 2008.

Infelizmente, a falta de dados prejudica bastante qualquer conclusão que se possa tirar. As instituições mais importantes na P&D ligadas ao setor sucroenergético não foram contabilizadas na pesquisa. Ainda que se tenha certeza de que o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), a RIDESA e o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), por exemplo, desempenhem papel fundamental no sistema de inovação, não foi possível incluí-los na pesquisa pela ausência de estatística. Essas instituições não fornecem dados de quantia gasta em pesquisa e desenvolvimento ou verba destinada ao financiamento de atividades inovadoras.

### 3.4 - Conclusão

Primeiramente, o modo com que cada país conduz a sua política de estímulo à inovação no setor de bioetanol é diferente. Nos EUA, as atividades ficam bem centralizadas no DOE e suas ramificações, tal como o EERE. No Brasil, ainda que muitas atividades sejam conduzidas pelo Ministério da Ciência e Tecnologia e suas ramificações (como no caso do fomento via Fundo Setorial e Subvenção Econômica), muito da P&D se dá através de outros meios, como por exemplo pelas Fundações de Amparo à Pesquisa dos Estados.

É possível constatar também que o governo norte-americano possui um maior comprometimento com a pesquisa relacionada ao bioetanol, considerando-a uma questão estratégica de independência de combustíveis fósseis para o futuro. No Brasil, isso não se mostra tão claramente, e o governo não compartilha da visão de longo prazo estadunidense.

Por fim, pode-se afirmar também que o foco da P&D norte-americana certamente é o desenvolvimento do etanol celulósico e a exploração do seu potencial. No Brasil, por outro lado, investe-se tanto em etanol celulósico como também no aumento da produtividade do etanol da cana-de-açúcar. Assim, muito da pesquisa brasileira está ligada a descoberta de novas espécies de cana-de-açúcar, mais produtivas ou mais adaptadas a diferentes tipos de terreno.

## Conclusão final

O objetivo inicial da monografia foi identificar os projetos de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) voltados para a produção de bioetanol realizados no Brasil e nos Estados Unidos, a partir de 2001 até o ano de 2008. Adicionalmente, pretendeu-se investigar os montantes investidos em P&D em bioetanol em ambos os países com o propósito de estabelecer uma comparação não só entre as trajetórias da pesquisa como também nos valores aplicados.

A pesquisa foi bem sucedida para confirmar a hipótese de que os EUA estão investindo massivamente em etanol celulósico, o chamado etanol de segunda geração. Dentro dos projetos mapeados, a maior parte deles dizia respeito a esse tipo de tecnologia. O estágio da pesquisa em etanol celulósico também aparenta maior avanço em território norte-americano, onde está se investindo em novas usinas experimentais que pretendem fabricar esse tipo de etanol em escala comercial. Além disso, foi possível constatar que os esforços de P&D governamentais se encontram razoavelmente concentrados, centralizados no *Department of Energy* (DOE), mais especificamente na divisão de energia renovável conhecida como *Energy Efficiency and Renewable Energy* (EERE). Mapeando os projetos encontrados, foi possível chegar à quantia de US\$ 942,68 milhões, identificando um número total de 126 projetos de P&D em bioetanol financiados.

No mapeamento dos projetos brasileiros só foi possível identificar os valores e projetos ligados aos Fundos Setoriais, à Subvenção Econômica e ao BIOEN/FAPESP.

Dentro dos Fundos Setoriais, foram pesquisados aqueles considerados relevantes para o tema, os quais: Energia, Agronegócio e Biotecnologia. Dentro desses fundos, a pesquisa foi realizada desde a origem de cada fundo, sendo os anos de 2001, 2002 e 2004, respectivamente. Com a listagem de todos os projetos, foi realizada primeiramente uma busca pelas palavras-chave “etanol”, “cana” e “álcool”, como uma espécie de filtro. Depois, com uma

lista menor de projetos, cada um foi analisado individualmente, para que não fosse incluído nenhum projeto irrelevante. Dentro dos Fundos Setoriais, foram identificados 68 projetos, que somam um total de 6,7 milhões de reais.

Na modalidade Subvenção Econômica, foram encontrados projetos de P&D de relevância nos anos de 2008 e 2007. No total, foram contabilizados 13 projetos que somam a quantia de 62,3 milhões de reais.

Por fim, o programa BIOEN da FAPESP realizou cinco chamadas de propostas de pesquisas no ano de 2008 e uma chamada no ano de 2006. Como apenas as chamadas do ano de 2008 apresentavam seus respectivos valores, somente elas foram contabilizadas, somando-se assim 163 milhões de reais.

A pesquisa, porém, apresentou algumas dificuldades, sendo a principal referente à coleta de dados. O estudo da P&D nos EUA foi o mais completo, pela maior disponibilidade de dados. Porém, ainda assim, uma procura por dados mais antigos, anteriores ao ano de 2002, não foi possível. A dificuldade foi ainda maior quando a pesquisa se voltou ao mapeamento dos projetos brasileiros. Apesar de conseguir identificar alguns dos projetos passados e em andamento de P&D, quase nunca eram divulgados os valores investidos. Assim, os únicos valores encontrados foram aqueles ligados aos Fundos Setoriais, à Subvenção Econômica (FINEP) e ao programa de pesquisa em bioenergia dirigido pela FAPESP, denominado BIOEN.

Existem diversas outras instituições que notoriamente realizam pesquisa de P&D na área de etanol e cana-de-açúcar, entre elas o Instituto Agrônomo de Campinas, a RIDESA e o Centro de Tecnologia Canavieira, em especial no ramo da melhoria genética da cana-de-açúcar. Os endereços eletrônicos das instituições, no entanto, não possuem dados concretos sobre os projetos de pesquisa em andamento e aqueles que foram realizados, e mesmo quando contatados formalmente, os órgãos não responderam.



Na soma dos dados, tem-se os valores de 232,1 milhões de reais investidos pelo Brasil contra 942,68 milhões de dólares investido pelos EUA. Ainda que o potencial brasileiro possa não estar exposto de forma completa devido à falta de dados, dificilmente se chegará próximo da quantia norte-americana. Assim, pode-se afirmar que os EUA possuem uma política de investimento em P&D muito mais agressiva do que a política nacional, o que talvez possa comprometer a posição de líder no mercado sucroalcooleiro, pertencente hoje ao Brasil.

## Bibliografia

BASTOS, Valéria Delgado. Etanol, álcoolquímica e biorrefinarias. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 25, p. 5-38, mar 2007.

BRASIL. Lei 9.279, de 14 de maio de 1996. Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 15 de maio 1996. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Leis/L9279.htm>>. Acesso em: 28 de dezembro 2009.

BRDI. Biomass research & development initiative. **BR&D projects**. Apresenta as solicitações de fomento feitas ao órgão de 2002 até 2007. Disponível em: <<http://www.brdisolutions.com/default.aspx>>. Acesso em: 25 de setembro de 2009.

CARLTON, Dennis W.; PERLOFF, Jeffrey M. **Modern Industrial Organization**. 3rd ed. Massachussets: Addison-Wesley Longman Inc, 1999.

CARVALHO, Luiz Carlos. Etanol: perspectivas do Mercado. In: MORAES, M.A.F.D.; SHIKIDA, P.F.A. (Coords.). **Agroindústria canavieira no Brasil**: evolução, desenvolvimento e desafios. São Paulo: Atlas, 2002.

CNPQ. Banco de dados e estatísticas. Investimentos em C&T. **Fundos Setoriais**. Apresenta os projetos fomentados pelos Fundos Setoriais. Disponível em: <<http://fomentonacional.cnpq.br/dmfomento/home/fmtmenu.jsp?op=5>>. Acesso em: 25 de setembro 2009.

COSAN. Relações com investidores. **Processo produtivo**. Descreve em linhas gerais o processo produtivo do etanol e do açúcar a partir da cana-de-açúcar. Disponível em: <<http://www.b2i.us/profiles/investor/fullpage.asp?f=1&BzID=1173&to=cp&Nav=0&LangID=3&s=0&ID=3875#>>. Acesso em: 25 de setembro 2009.

CRUZ, Carlos Henrique de Brito. A Universidade, a Empresa e a Pesquisa que o país precisa. **Revista Humanidades**, Brasília, n45, p. 15 – 29, set. 1999.

DAVIES, Stephen et al. **Economics of industrial organization**. London: Longman Group, 1988.

DOSI, Giovanni. Sources, procedures and microeconomic effects of innovation. **Journal of Economic Literature**, vol. XXVI, p. 1120 – 1171, sept. 1988

EERE. Financial opportunities. Biomass program solicitations. **Past solicitations**. Apresenta os projetos submetidos ao DOE e agraciados com o fomento desse departamento. Disponível em: <[http://www1.eere.energy.gov/biomass/past\\_solicitations.html](http://www1.eere.energy.gov/biomass/past_solicitations.html)>. Acesso em: 25 de setembro de 2009.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistics. **FAOSTAT – Agriculture**. Extenso banco de dados com todos os países membros das Nações Unidas, com informações de produção e área plantada de diversos cultivares. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>>. Acesso em: 8 de junho 2010.

FAPESP. Programas da FAPESP. **Programa FAPESP de pesquisa em bioenergia (BIOEN)**. Apresenta as chamadas públicas já encerradas do programa FAPESP de pesquisa em bioenergia (BIOEN). Disponível em: <<http://www.fapesp.br/materia/3254/pesquisa-para-inovacao/programa-fapesp-de-pesquisa-em-bioenergia-bioen-.htm>>. Acesso em: 19 de setembro de 2009.

FIGUEIREDO, Felipe Guerra de; GOLDENBERG, Paula Santos Coifman. **Inovação na Geração de Eletricidade a partir do Bagaço de Cana de Açúcar...** 2008. Trabalho apresentado no IX Seminário de Economia Industrial / Seminário de Jovens Pesquisadores, Araraquara, 2008.

FINEP. Chamadas públicas. Subvenção econômica. **Programa subvenção econômica: chamadas encerradas**. Apresenta as chamadas públicas já encerradas do programa de subvenção econômica da FINEP. Disponível em: <[http://www.finep.gov.br/fundos\\_setoriais/subvencao\\_economica/subvencao\\_economica\\_resultado.asp?codSessao=8&codFundo=24](http://www.finep.gov.br/fundos_setoriais/subvencao_economica/subvencao_economica_resultado.asp?codSessao=8&codFundo=24)>. Acesso em: 20 de setembro de 2009.

FONSECA, Maria da Graça Derengowski et al. A dinâmica agroindustrial e tecnológica da agroindústria brasileira sob a ótica de sistemas de inovação: grãos e cana-de-açúcar. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL BRICS, 1., 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ETL, 2008. p. 17-35. 19 p.

FONSECA, Renato. Inovação tecnológica e o papel do governo. **Parcerias estratégicas**, Brasília, n13, p. 64 – 79, dez. de 2001.

GOLDEMBERG, José. Ethanol for a Sustainable Energy Future. **Science**, v. 315 n.5813 p. 808-810, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org/cgi/content/full/315/5813/808#related-content>>. Acesso em: 1 de outubro 2009.

KRUGMAN, Paul. **Strategic trade policy and the new international economics**. Massachussets: MIT Press, 1986.

KRUGMAN, Paul; OBSTFELD, Maurice. **Economia internacional**: teoria e política. 6ª edição. Tradução: Eliezer Martins Diniz. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2005.

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. Science and engineering statistics. Research and development. **Expenditures**. Apresenta uma série de estatísticas relacionadas a pesquisa e desenvolvimento norte-americana. Disponível em: <<http://www.nsf.gov/statistics/showpub.cfm?TopID=8&SubID=12>>. Acesso em: 28 de dezembro 2009.

NOGUEIRA, Luiz Augusto Horta; MACEDO, Isaias de Carvalho. **Avaliação da Expansão da Produção de Etanol no Brasil**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2004. Disponível em: <<http://www.apta.sp.gov.br/cana/anexos/bc18.pdf>>. Acesso em: 1 outubro 2009.

POSSAS, Mário Luiz. Concorrência schumpeteriana. In: HASENCLEVER, Lia; KUPFER, David (Org.). **Economia industrial**. Rio de Janeiro: Campus, 2002. p. 415 – 429.

RENEWABLE FUELS ASSOCIATION. The industry. Industry statistics. **Statistics**. Apresenta diversas estatísticas relacionadas ao etanol produzido nos Estados Unidos. Disponível em: <<http://www.ethanolrfa.org/pages/statistics>>. Acesso em: 8 de junho 2010.

SCHERER, Frederic M.; ROSS, David. Market structure, patents and technological innovation. In: \_\_\_\_\_. **Industrial market structure and economic performance**. 3<sup>rd</sup> ed. Chicago: Rand McNally & Co, 1990. Cap. 17, p. 613 – 660.

SCHUMPETER, Joseph A. **Capitalismo, socialismo e democracia**. Tradução: Ruy Jungmann. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961.

SHY, Oz. Research and development. In: \_\_\_\_\_. **Industrial organization**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1996. Cap. 9, p. 221 – 252.

TETTI, L.M.R. Protocolo de Kyoto: Oportunidades para o Brasil com base em seu setor sucroalcooleiro: um pouco da história da questão "mudanças climáticas e efeito estufa". In: MORAES, M.A.F.D.; SHIKIDA, P.F.A. (Coords.). **Agroindústria canavieira no Brasil: evolução, desenvolvimento e desafios**. São Paulo: Atlas, 2002. p.202-206.

UNICA. União da indústria de cana-de-açúcar. Dados e cotações. **Estatísticas**. Apresenta diversas estatísticas relacionadas à indústria sucroenergética brasileira. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>>. Acesso em: 8 de junho 2010.